

# 國立交通大學

工學院聲音與音樂創意科技碩士學位學程

## 碩士論文

科技與音樂的整合應用－以 CLOrk 數位樂團為例

Integrated Application of Technology and Music: CLOrk Laptop Orchestra



研究生：陳建一

指導教授：曾毓忠

中華民國 九十九 年 六 月 二十 一 日

科技與音樂的整合應用－以 CLOrk 數位樂團為例

研究生：陳建一

Student：Chien-I Chen

指導教授：曾毓忠

Advisor：Yu-Chung Tseng

國立交通大學

工學院聲音與音樂創意科技碩士學位學程

碩士論文

A Thesis

Submitted to Master Program of Sound and Music Innovative Technologies

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Engineering

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月二十一日

## 科技與音樂的整合應用－以 CLOrk 數位樂團為例

學生：陳建一

指導教授：曾毓忠

國立交通大學工學院聲音與音樂創意科技碩士學位學程

### 摘 要

科技與音樂的結合從電腦音樂的創作與展演，至當前正在發展的電腦合奏樂團，均反映了當下世界的趨勢與潮流。透過兩者的整合運用，不但能滿足音樂家們以科技延伸音樂表達與追求創新的慾望，也同時也讓許多科技人能進入音樂的領域，以科技作為音樂的表達工具，提昇人文素養與心靈層次上的薰陶。

高速計算的電腦發展越來越蓬勃，讓電腦之間的訊息溝通不再是複雜且困難的技術，這樣的演進使得電腦可以類似傳統管弦樂團的合奏形式變得可行，因此，一種全新的音樂合奏模式－數位樂團（Laptop Orchestra）逐漸孕育成形。

CLOrk（Chiao-tung Laptop Orchestra）是一個整合筆記型電腦和感應器的樂團。在國外，數位樂團（Laptop Orchestra）已行之有年，例如：普林斯頓大學的 PLOrk、史丹佛大學的 SLOrk、McGill 大學 Digital Orchestra、俄羅斯的 CybLOrk、德國柏林的 BLOrk 及挪威奧斯陸的 OLOrk...等。在這些樂團中，所有成員皆配備有一台筆記型電腦、感應器、及一個多方向的輸出喇叭系統。利用 Max/MSP 音樂程式、C++或其他程式語言做為其展演介面功能之設計，藉以模擬各樣的實體樂器，透過現場即時表演的方式，展現出另一種截然不同的音樂合奏面貌。

在本論文中，CLOrk 將會是台灣所有的大學當中第一個成立之數位樂團。我們將參考各國團隊之發展經驗，把 CLOrk 從硬體設備採購、軟體程式寫作、團員招募以及樂團之練習過程與成果展示做一個詳盡的紀錄，最後，統整歸納計劃執行的優缺點，以提供日後其他大學成立此一類型樂團的參考依據。

**關鍵字：**數位管弦樂團、電腦音樂、電子音樂、數位樂團

# Integrated Application of Technology and Music: CLOrk Laptop Orchestra

Student: Chien-I Chen

Advisor: Yu-Chung Tseng

Master Program of Sound and Music Innovative Technologies  
National Chiao Tung University

## Abstract

Since the creations and performance of computer music to the developing computer performed ensembles, which are now expressing the new trend of the world. Employing and integrating both music and computer technology can not only satisfy musicians who want to extend the expressions of music and seek for their desire of innovations, but also allow technologists to devote to such field and express music with tech-tools. Furthermore, people can elevate the quality of human culture.

Due to the development of computer with high-speed process, which makes group-communication of musical messages be possible. On the other hand, musician always keeps searching for new ways and modes of musical expression. For instance, people make use of technology to extend musical composition and performance. Even, now day developed small computer music ensemble reflects the tendency. As a result, a new mode of ensemble-the laptop orchestra appears.

In the western countries, the laptop orchestra have been developed for years such as PLOrk (from Princeton University), SLOrk (from Stanford University), Digital Orchestra (from McGill University), CybLOrk (from Russia), BLOrk (from Berlin, Germany), OLOrk (from Oslo, Norway) ...etc..

In the orchestra, each crew owns a laptop computer, equipped with sensors and multi-channel speakers. The composers apply software (ex.Max/MSP, C++ and other programming languages) to simulate the real instruments, and the whole orchestra interpret the music instantly to create a new performance mode. The CLOrk (Chiao-Tung Laptop Orchestra) will be built up based on these concepts.

In the project, CLOrk will be the first laptop orchestra in Taiwan. Thus, we will refer the predecessors' experience for building up such orchestra. We will also record and analyze the details of the project including hardware building, member recruiting, and the rehearsals. Furthermore, we hope the efforts of constructing CLOrk orchestra will become a valuable experience for people also interest.

**Keyword** : CLOrk, Electronic Music, Laptop Orchestra, Music Ensemble

# 誌 謝

兩年過去了，感謝上帝的看顧與保守，雖然學習過程當中一波三折，但終究是讓我的研究跟我當初進這很特別的碩士班的想法不謀而合。想到兩年前，雖然再次唸書的重點是放在取得數學教師資格，卻也在數學與音樂兩個研究所的兩難中打轉。禱告了很久，實在放不下我深愛的音樂，所以我決定在這裡展開我第二個碩士之旅。

這兩年的學習生涯，感謝 Phil Winsor 教授的教導，您的作品讓我眼睛為之一亮，原來電腦做出來的音樂並非只是死板板的；也謝謝黃志方教授在 Max/MSP 及 Matlab 的引導，使我在這個 CLOrk 表演作品設計上有很多的幫助，也謝謝您在準則作曲上的教導，讓我知道電腦作曲的奧妙之處在於機率的控制與統計的分析；感謝我的指導教授—曾毓忠教授開啟我對電腦音樂上的認知，使我看見很多聲音與音樂的不可限量，也讓我可以參與在全國第一個數位管弦樂團的成立，將這些成立過程中的一點一滴化做文字，記錄在這本論文之中。

另外，感謝我的同學們，因為一起的修課，讓我看見你們不僅擁有資訊的專業，也有不輸給音樂專科班出身的素養與能力，使我這個「老」同學深感佩服與羨慕；謝謝阿凱，感謝你先接下 CLOrk 團長的工作，使得整個團隊因為有你，而有一個美好的開始。

舒方、為博、志豪、志翰、季方，雖然錯過跟你們同一個研究室，但

是一起在 CLOrk 裡面的努力，我相信都是一個美好的回憶。還有感謝你們幫我演奏 Hymns 的作品，讓我在 CLOrk 的夢想得以實現；阿杜、阿賢，感謝上帝有你們成為 CLOrk 的團員，使得這團隊可以有更多新奇的科技產品來把玩音樂；也謝謝書豪跟聖翔，跟你們一起「東絃西鼓」實在是讓我興奮無比。

很重要地，我要感謝父母親的支持，讓我沒有後顧之憂地辭掉教職再次進修，也成全我放棄數研所的文憑而選擇聲音與音樂創意科技的碩士學歷。謝謝曾牧師、師母的鼓勵，讓我可以完成學業；也謝謝我的神國家人，你們的禱告成為我完成學業最大的力量，使我看見當初的選擇是正確的。也謝謝上帝給了我一個好友兼兄弟的秉修，感謝你幫我修潤英文的文意，也謝謝你願意撥出時間跟我到處晃。

最後，我還是要感謝我的神，祢使我看見我所擁有的，祢也擴張我的境界，放長我的繩子，堅固了我的橛子。祢使我在音樂的領域裡面更認識祢，也使我在教育的領域多了一個選擇，我知我的未來都在祢的手中，願這篇論文，不僅是紀錄台灣音樂史上的第一，也是記錄我生命當中美好的經歷之一。

謝謝祢，愛我的上帝。

# 目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	v
圖目錄	.....	vi
一、	研究動機.....	1
二、	研究背景.....	3
2.1	國外研究.....	3
2.2	國內研究.....	9
三、	CLOrk 的建構.....	12
3.1	CLOrk 團隊的架構.....	12
3.1.1	團員.....	12
3.1.2	軟硬體.....	12
3.2	感應器與 Max Patch 的設計.....	13
3.3	Wii mote 與 Max Patch 的設計.....	18
3.4	曲目創作.....	23
四、	成果展示.....	34
五、	結論與未來展望.....	39
參考文獻	.....	42

# 圖 目 錄

2-1	表演者與 BoSSA.....	5
2-2	PLOrk 的設備.....	5
2-3	PLOrk 的成員排練與其設備架構.....	6
2-4	各種感應器.....	10
2-4-1	Phidget InterfaceKit 888.....	10
2-4-2	可變電阻感應器.....	10
2-4-3	光感應器.....	10
2-4-4	紅外線距離感應器.....	10
2-5	Max 程式接收感應器的輸入資訊.....	10
2-6	Wiimote 數值以 Max 演算 rescaling 於一定範圍內以符合音樂...	11
3-1	Phidget InterfaceKit 888.....	13
3-2	Phidget Interface 驅動目錄.....	14
3-3	Phidget InterfaceKit Patch.....	14
3-4	Phidget 的基本 patch 格式.....	15
3-5	感應器數值在 Max 中的演算.....	15
3-6	各種複雜 Max 音樂模組.....	16
3-6-1	藍調音樂.....	16
3-6-2	打擊樂.....	16
3-6-3	慢歌.....	17
3-6-4	模擬高階鋼琴技巧.....	17
3-7	tk.wii 程式.....	19
3-8	主要控制 Wiimote 程式設計介面.....	20
3-9	連接多支 Wiimote 的 patch.....	21
3-10	蕭邦圓舞曲用 Wiimote 控制.....	22
3-11	貝多芬命運交響曲用 Wiimote 控制.....	22
3-12	Earth and Birds 的 Max 程式.....	24
3-12-1	負責高音的程式.....	24
3-12-2	負責中音的程式.....	25
3-12-3	負責低音的程式.....	25

3-13	東絃西鼓的第一版曲譜.....	26
3-14	東絃西鼓的最終曲譜.....	27
3-15	東絃西鼓的Max程式.....	27
3-15-1	鼓與藍調、中國音階的Max程式.....	27
3-15-2	線條左半邊是音效控制，右半邊是日本與中國調音階控制.....	28
3-15-3	另外一組音效控制.....	28
3-16	Mario Good 的演奏譜.....	29
3-17	Mario Good 的Max程式.....	29
3-18	分析Hymns 四部所需要的音符.....	30
3-19	同時連接兩支Wiimote 的patch.....	31
3-20	分別控制兩支Wiimote 的patch.....	31
3-21	頑皮豹的部分曲譜.....	33
4-1	學程自製喇叭.....	34
4-2	實體樂器.....	34
4-3	利用三台電腦加上感應器做合作表演.....	34
4-4	第二次發表海報.....	35
4-5	第二次發表節目單.....	35
4-6	大合奏.....	36
4-7	大合奏.....	36
4-8	CLOrk 所有成員.....	36
4-9	實體樂團與感應器.....	36
4-10	感應器與舞者、琵琶演奏.....	36
4-11	頑皮豹.....	37
4-12	天黑黑.....	37
4-13	孩子與科技的互動體驗.....	37
4-14	孩子體驗感應器的操作.....	37
4-15	合奏「頑皮豹」.....	38
4-16	CLOrk 與學校主任合照.....	38
4-17	CLOrk 第四次公演海報.....	39

# 第一章 研究動機

科技與音樂的結合從電腦音樂的創作與展演，至當前正在發展的數位樂團（Laptop Orchestra），均反映了當代社會的脈動以及世界的趨勢與潮流，透過兩者的整合運用不但滿足音樂家們以科技延伸音樂表達與追求創新的慾望，也同時也讓許多科技人能進入音樂的領域，以科技作為音樂的表達工具，提昇人文素養與心靈層次上的薰陶。

Laptop Orchestra（膝上數位樂團）是一個很新的名詞，前者是當代的科技產物，後者則是代表著過去幾個世紀以來的音樂合奏傳統，這兩者似乎不會有任何交集的可能。但回顧過去，科技在音樂發展史上似乎不曾缺席過；科技不斷地影響音樂的演進，音樂也不斷地反應科技的影響，例如，巴赫（J.S.Bach）與蕭邦（F. Chopin）的鍵盤音樂反應出不同時期樂器製作科技的影響[64][65]。

到了從二十世紀科技與音樂的互動仍一直延續著，電子科技在音樂上的介入是此一時期音樂發展的最大特色；各種最新的電子科技不斷地被援用於音樂創作、製作，以及展演等領域當中；20世紀前半作曲家如法國梅湘（O.Messaien）與瓦列茲（E.Varese）將電子科技結合於傳統管絃樂當中，中期以後，一些作曲家甚至更進一步地使用電子科技創作完全獨立的科技音樂作品，如法國的薛菲（P.Schaeffer）與德國史托克豪森（K.Stockhausen）分別以磁帶機及電子震盪器完成許多世界上最早的具象音樂和電子音樂作品。

在電腦音樂的發展方面，從大型電腦（Mainframe Computer）到單一聲音系統的電腦群組（Computer Cluster），創作者也藉此創造了許多傑出的電腦音樂，如：美國西勒（L.Hiller）以大型電腦完成歷史上最早的電腦演算音樂作品 ILLIAC 組曲（1957）；Stanford 大學教授周寧（J.Chowning）則以電腦群組

(Computer Clustering) 完成歷史上最重要的電腦合成音樂作品 Turenas (自然,1976);此外,交通大學之前所聘請的 Phil Winsor 客座教授,也在電腦作曲與影像對應的研究上,有卓越的表現。

然而,這些電腦音樂一旦完成,它就是永遠固定的、不變的,這與傳統記譜音樂的表演方式每次演出都有「再創造」之特性很不一樣,再者,它的演出也似乎有點「不自然」,演出時觀眾只能望著舞台上之機器如擴大機、揚聲器、電腦。換言之,這些作品的展演方式似乎不能像一個音樂家的真實演出,少了在視覺上之刺激與親眼感受,更少了即時(Real-time)現場的表演性質[66]。

另一方面,隨著科技的日新月異發展,電腦的計算功能變得強大,同時價格也愈來愈低廉,電腦除了逐漸成為音樂工作者工作室的主要創作工具外,它更成為許多音樂家現場表演的重要樂器。在過去的幾十年當中,電腦音樂的創作者開始思考如何將音樂與電子、資訊整合,嘗試建立一個團體可以將音樂透過科技溝通來完成更多的創作與展演。所幸,高速計算的電腦發展越來越蓬勃,音樂訊息在電腦上的溝通不再是一種複雜且困難的技術,使得電腦以近似傳統管弦樂團的形式組合—Laptop Orchestra (膝上數位樂團)的展演變得可行,讓電腦科技與傳統管弦樂團兩者截然不同的媒介之間,於焉開始碰撞出音樂的火花,更讓許多的音樂人與科技人在音樂的領域裡共享創作與展演資訊,帶來了新的音樂表演契機。

## 第二章 研究背景

### 2.1 國外研究

目前有關於數位樂團的團體大致上有以下幾個：

日本東京，Laptop Orchestra（2002 年）[27]

加拿大蒙特婁，The McGill Digital Orchestra（2005 年）[54]

美國普林斯頓大學，PLOrk（2005 年）[43]

俄羅斯莫斯科，CybOrk（2006 年）[19]

美國西雅圖，SeaLOrk（2007 年）[48]

美國明尼蘇達，MLOrk（2009 年）[36]

德國柏林，BLOrk[5]

挪威奧斯陸，OLOrk[39]

美國密爾瓦基，MiLO[34]

美國史丹福大學，SLOrk[49]

美國，L<sup>2</sup>Ork[26]

在這些團體當中，比較具有學術性質的團體就屬普林斯頓大學的 PLOrk、史丹福大學的 SLOrk、還有加拿大 McGill Digital Orchestra。在 Youtube 的網站裡面，可以搜尋到這些團隊的表演實錄，而其他團隊也可以在其網站上看到他們已有多次展演的紀錄。

普林斯頓大學的 PLOrk 是由兩個不同領域的人所組成，一組是 Daniel Trueman 及 Scott Smallwood，所代表的是音樂學院；另一組是 Perry Cook 及 Ge Wang，所代表的是計算機科學學院。在這兩組人馬所組成的 PLOrk，在技術與表演上著實帶給人們一種音樂與資訊的碰撞的無限遐想。

在 Daniel Trueman 的文章[58]中寫到，數位樂團的特色包括有：

- 可以單一的表現音樂，也可多台電腦作合奏演出
- 較不受場地的拘束與限制
- 聲音可以透過音控系統等來控制與調整
- 可利用電腦設計出無限可能之樂器音色
- 演奏者需同時具備科技與音樂之能力

在他們的數位樂團研究一開始，PLOrk 先製作了一個名為 BoSSA (Bowed-Sensor-Speaker-Array, 見圖 2-1)。這種東西的概念相當簡單，就是設計一個喇叭可以全方向的發出聲音，並且也可以利用一些設備去演奏它。更進一步說，BoSSA 包括了一個小提琴指板裝置感測器（用於偵測手指位置和指板的方向），再加上四個類似弦的感測器，並將其裝設在一個具有 12 聲道的球型喇叭。

但是 BoSSA 這是一種實驗性質的裝置，用意只是做為一種創作音樂的點子，刻意地將電子音樂和傳統音樂都涵蓋在這個喇叭上。真正在 PLOrk 的裡面並不只是這樣而已。目前 PLOrk 的成員共有 15 位，每個成員都包含下列的器材：

- 一個六聲道的半球型喇叭
- 一台筆記型電腦，內裝有 Max/MSP、Chuck 和 SuperCollider
- 一個可以放大聲音的多聲道控制介面
- 可以接受多種形式信號的感應器，以方便設計控制方法
- 各種不同的操作介面，如鍵盤、圖寫版、電子鼓...等等

在軟體部分，Chuck 是由 Ge Wang 教授所帶領的團隊為 PLOrk 所寫的一套軟體介面，用來當作表演時的控制介面。此外，每一個表演者都會坐在一個坐墊上，而筆記型電腦就會放置在他們的大腿上或是旁邊。透過線材直接地傳

輸每個聲音訊號（圖 2-2）。



圖 2-1 表演者與 BoSSA



圖 2-2 PLOrk 的設備

其實就 18 世紀來說，當時的樂團人數僅有 20 多人，因此 PLOrk 的設計也很類似當年的規模。當然，Trueman 也提到 PLOrk 並非就此限制，它也是可以發展成一個龐大的團隊。但是重點不在於人多或是人少，乃是在於如何創造數位樂器與進行演奏的問題，還有要如何使樂手之間協調且一致。

以下就剛才所提到的問題，詳細敘述如下：

對於一個利用 Laptop 做表演的人來說，是必須先去瞭解樂器有哪些，並且要能夠同時演奏出多種樂器為基礎而設計出數位樂器。這樣子的表演，對於一個電腦樂手（Laptopist）來說，可以說是一件相當輕鬆的事，因為他不需要花費極大的力氣，就可以產生大量的聲音，這是一個很不錯的特色。但是一旦人多了起來，這樣的能力所創造出來的聲音自然就會雜亂，因此必須去衡量在有限的空間中，每個樂手的音量有多少，才不會造成彼此的干擾。除了電

腦所發出來的音量，傳統樂器的聲音與音質是否相同也是要加入考慮的範圍，如：小號或者其他不同性質的樂器。一個龐大的管弦樂團也會同時有多種相同的聲音，畢竟，單純的聲音組合遠比多層次且複雜的組織更容易去管理。

因此，PLOrk 對於這種樂器的聲量與品質的處理問題，就在於它特殊的半球型的揚聲器設計，並且限制所有樂器都在同一個範圍當中，不要單一透過一個 PA 系統去整合所有的樂器，而是在每個樂手旁邊設置一個揚聲器（如圖 2-3），他們可以聽見自己的聲音，如此一來，單一樂手就可以製造多層次的聲音。



圖 2-3 PLOrk 的成員排練與其設備架構  
（半球型的揚聲器都在各樂手的旁邊）

然而，這樣的處理又帶出另一個問題，那就是「如何清楚表達這些樂器所發出的聲音」。換句話說，有時我們需要的「衰減」的聲音（如鑼被敲擊），有時會想要表達的是「極弱」的聲音（如小提琴演奏樂譜極弱記號的地方）。數

位樂團使用的是電腦所產生的樂器聲音，可以算是一種演算式的電子樂器，一個樂手必須多投入在其中，去控制這些樂器，而這些電子器材又要有多少的敏感度去偵測樂手所有表達的意義呢？這是值得去考量的，畢竟「自動化」對於數位樂團來說，可以說是一種極致表現的追求，「何時」啟動、「如何」啟動，種種的變化偵測，都需要資訊人才在其中參與。

此外，一種新型態的筆記型電腦的音樂呈現，是會讓很多原本不善於樂器卻又喜愛音樂的人有了另一種吸引力。對於數位樂團來說，電子樂器的操控遠比一般傳統樂器來得簡單，很多技巧都被省略，練習時間也較為短少。很多人以為，數位樂團的門檻較低，所以一般人都可以來操作。事實上，不完全是這樣，它仍然需要長時間的培育人才，很多人可以操控，但卻是只有少部分的人可以成為佼佼者。因此這樣的工作，是必須一直傳承下去，同時，一種只單純以電腦為最終表演的手法，並不是最佳理想的樂團，因此，它仍然需要傳統樂團的搭配，使得類比與數位兩種聲音的結合，產生另一種新鮮不同的音樂風潮。

另一方面，在實際演練的過程中，PLOrk 也記錄了合奏上的大問題。這樣的問題同樣地也會出現在一般的樂團當中，因為人員的龐大、樂器的繁多，要使所有樂手專心一致地演奏就必須花上一段時間。在數位樂團裡要如何演出呢？PLOrk 的方法是利用無線網路來作為溝通的橋樑。利用這樣的方式，將每個樂手的表演訊號透過網路連結的方式傳送出去，樂手控制音準、音色和音量，而指揮的電腦控制節奏。將原有的一些潛在控制因素交給了電腦，而音樂家只要負責演出正確的音就可以了。另外，無線網路也讓整個團隊有一個很好的溝通模式，不管是傳送樂譜記號，或是看見彼此對方的電腦顯示，或者是樂手彼此的溝通，都在這樣的網路上去建構，也因此，PLOrk 也藉由 Ge Wang 教授在資訊上的專長，嘗試各種不同模式的網路架構，來測試哪種網路模式可以帶來最大的效益。

在表演的過程中，數位樂團的樂手，其實並沒有像一般傳統管弦樂團有大動作（如豎琴、鋼琴、定音鼓），或是優雅的動作（如提琴手），乍看之下，所有的樂手就是專注著螢幕、點點滑鼠、動動手指打鍵盤、或是有一點點的感測器控制。就聽覺上來說，PLOrk 跟一般傳統樂團所表演的沒啥兩樣，但就視覺上來說，總有這麼一點點的單薄與枯燥。少了視覺上的刺激，數位樂團的表演就似乎有點曇花一現的美，因此，在 PLOrk 的研究 當中，也將嘗試去找出一種他們稱為「air-instrument」的表演方式，使得數位樂團不是僅靠高科技的產物來吸引人，在表演的層次上仍有視覺與聽覺的享受。

從 PLOrk 的發展經歷，以及各國的 Laptop Orchestra 的成立與展演，使得在台灣的我們，實在也應該要有一個這樣的音樂團隊，好讓台灣的音樂界也能走在時代的尖端，順著潮流，甚至去領先潮流，創造一個有別於傳統的管弦樂團，另類的音樂與資訊的碰撞結晶。

## 2.2 國內研究

目前國內在鑽研電腦音樂領域的人相對於傳統音樂領域的人來說可以算是較為稀少，在數位樂團的發展上更是屈指可數。吾人的指導教授曾毓忠教授即是其中一位。在曾教授的過去研究當中，已為數位樂團計劃奠下良好之基礎。起初先以個別互動音樂系統為主之研究，而後延伸與擴充至集體式互動音樂合奏系統（Interactive Performing Ensemble）之建置。過去三年在互動演奏系統的研究上，嘗試將感應器（sensors）及 Wiimote 控制器與電腦程式結合運用於音樂創作與展演當中。此研究探索各式感應器作為人類與電腦系統間溝通與對話介面之可能性，探討感應器（圖 2-4）、Wiimote 控制 Max 程式（圖 2-6）與電腦程式 Max 訊息處理模式（圖 2-5）與音樂結果呈現之間的最佳整合方式，試圖建構一個功能強大之互動音樂系統，使音樂家不但能藉此來超越人類與傳統器樂在演奏上的物理限制（例如極快速度或複雜節奏之演奏），更可透過此系統，跳脫行之多年既定不變的音樂演奏窠臼，讓音樂家在此系統中找尋發展出人機之間互動演奏的最新表演模式。

因此，大致上目前已有的研究包含下列部分：

1. 感應器、Wiimote 控制器科技在互動音樂創作與展演之應用研究。
2. 探索利用各式不同之感應器、Wiimote 控制器作為人類與電腦系統之間的介面、藝術與科技對話之橋樑的可能性。
3. 整合感應器、Wiimote 控制器、MIDI 與準則作曲程式 Max，設計與發展互動式感應訊息之音樂處理模式（modes of mapping）。
4. 探討感應器、Wiimote 控制器與電腦程式之訊息處理模式與其最後音樂結果呈現之間的對應關係，尋求兩者之最佳整合方式。
5. 建構功能強大之互動音樂系統，符合音樂家之創作與表演活動各項需求，讓

音樂家的表演能在此系統中做出最具獨特性與最大發揮空間。



圖 2-4-1 Phidget InterfaceKit 888



圖 2-4-2 可變電阻感應器



圖 2-4-3 光感應器



圖 2-4-4 紅外線距離感應器

圖 2-4 各種感應器

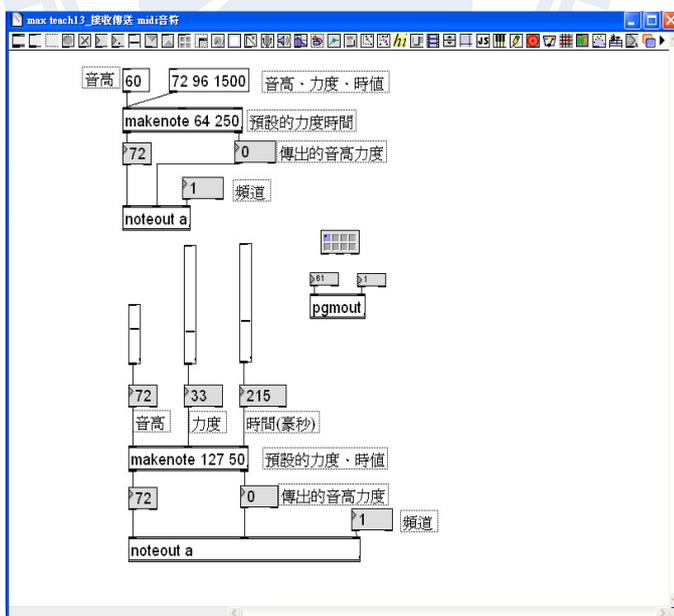


圖 2-5 Max 程式接收感應器的輸入資訊

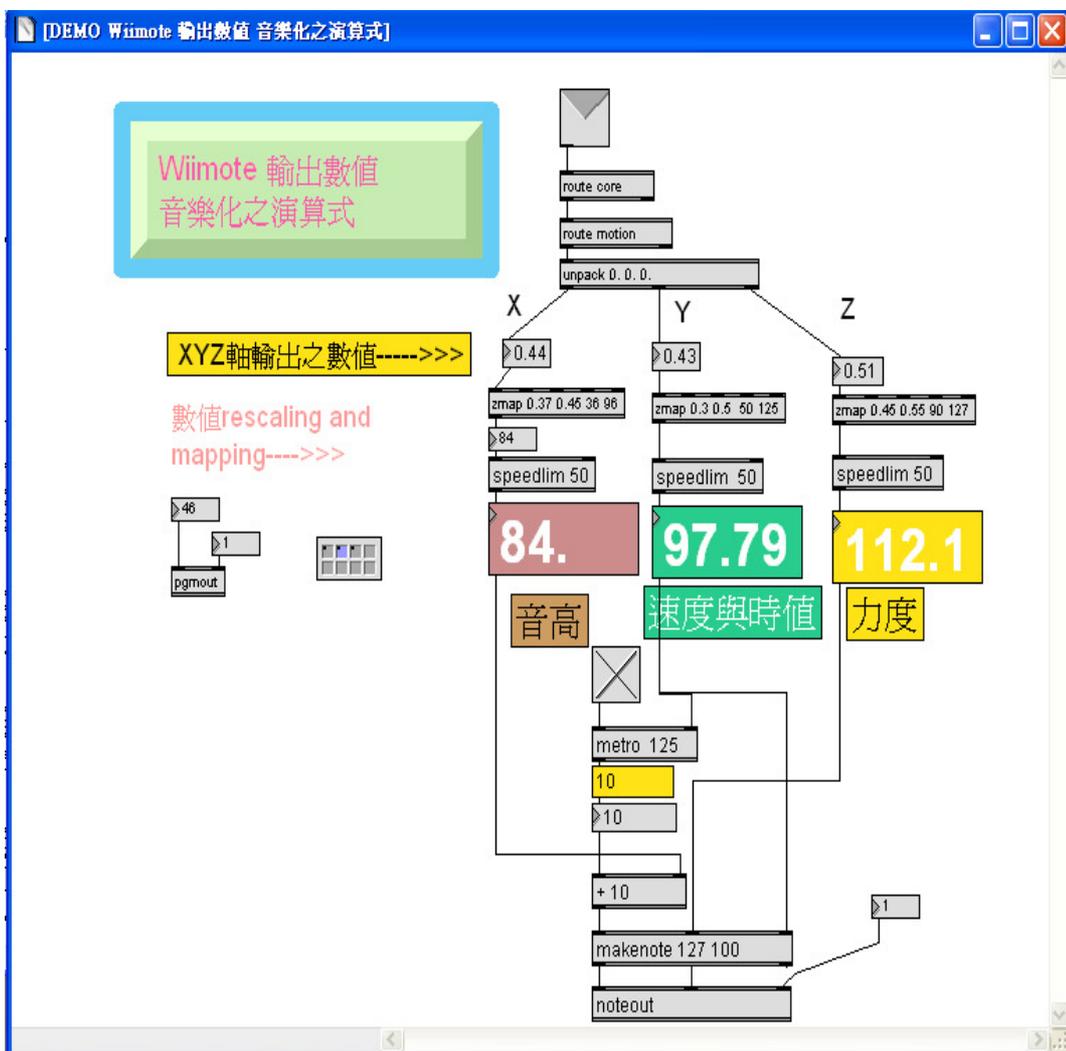


圖 2-6 Wiimote 數值以 Max 演算 rescaling 於一定範圍內以符合音樂

## 第三章 CLOrk 的建構

### 3.1 CLOrk 團隊的架構

#### 3.1.1 團員

CLOrk 是利用操控感應器與電腦結合的數位樂團，因此依循著國外數位樂團的建構模式，一開始人數設定在 10 人左右，招收具備電機電子資訊以及音樂方面的人才為主。由於 CLOrk 成立於交通大學的「聲音與音樂創意科技碩士學程」，在這些學生中大部分都是電機資訊科系畢業，因此在招募團員的事上算是完全達到我們的預設，此外每個團員也都有自己擅長的樂器及編曲能力，使得 CLOrk 在一開始就有一個整合型的團隊，減少在溝通上的困難。

在 CLOrk 中，每個團員基本上都要被要求會 Max 程式，以方便撰寫音樂介面程式。此外，有些團員可以在 Ableton Live 上設計表演模組。對於團員的訓練，誠如之前提到的，數位樂團的學習門檻比傳統音樂來得低，因此，我們就直接在感應器與 Wiimote 的控制上同時並行，也讓團員瞭解有哪些可發展性。

#### 3.1.2 軟硬體

每個團員的必要配備就是數位一台、感應器一組（含光感應器一個、距離感應器兩個）、Wiimote 控制器一支。軟體部分是使用 Max/MSP 4.5 及 Ableton Live、Audition 1.5 等音樂軟體。

另外，為了使表演可以更多元化，我們也讓團員配置 iPhone，透過在其上安裝音樂軟體，讓 iPhone 成為一個虛擬樂器，作為展演的另一種模式。

## 3.2 感應器與 Max Patch 的設計

感應器我們採用的是 Phidget 公司所研發的 USB 感應器電路板 (圖 3-1) [42]。電路板上面有八個插槽，可同時接八組的感應器。在本研究中，我們只接了三組感應器 (兩組距離感應器、一組光感應器)。

安裝的時候，必須先安裝微軟的 Net Runtime 3.5 與 Max/MSP，然後再安裝 Phidget 公司所提供的軟體，以便開機就可以常駐。安裝完成之後，必須在想要的位置設置一個存放 Phidget 相關驅動程式的目錄 (圖 3-2)，之後所有的 Max 程式都必須放在這個目錄底下，感應器的控制才能正常被執行。

另外，Phidget 提供了一個 Max patch (圖 3-3)，這個 patch 會將感應器電路板的訊號以一組字串存進電腦。在 PhidgetInterfaceKit 的 patch 上端，設置三個輸入：「read」、「start」、「stop」，其中 read 幾乎不需用到，start 及 stop 就是控制感應器輸入的開關。在該 patch 的下端另外再接 route 跟 unpack 兩個 patch，這樣就可以完整分析感應器的數值 (圖 3-4)。

有關於感應器的數值範圍，目前經過多次的測試，距離感應器的數值範圍大約在 0-680 之間，而光感應器的數值範圍大約在 0-996 之間，這範圍對於後面設計音樂表演 patch 時有很重要的關連。

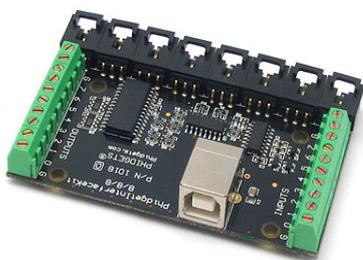


圖 3-1 Phidget InterfaceKit 888

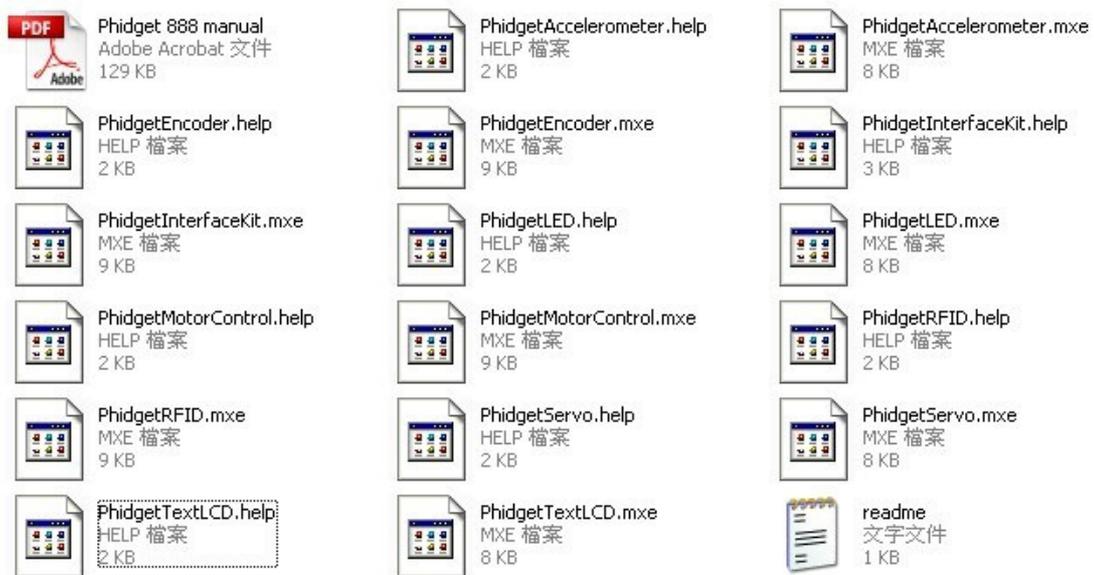


圖 3-2 Phidget Interface 驅動目錄

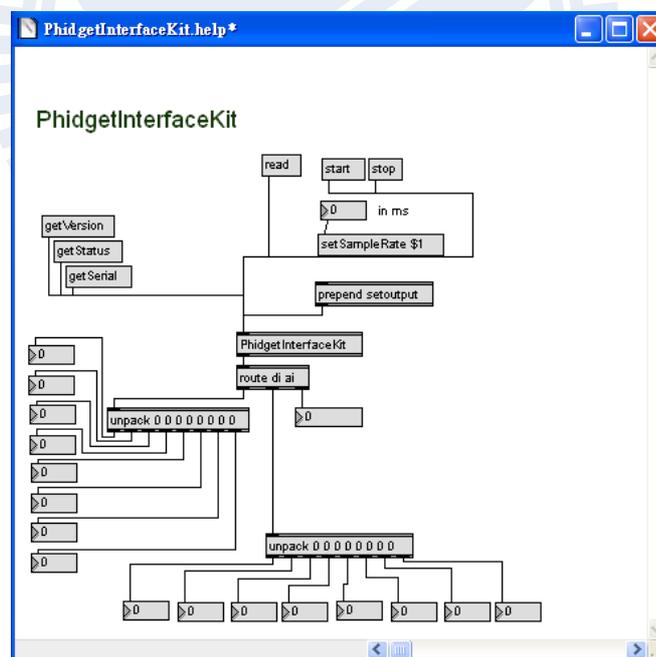


圖 3-3 Phidget InterfaceKit Patch

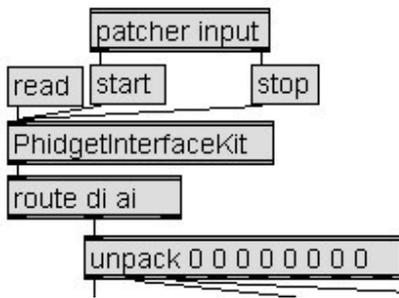


圖 3-4 Phidget 的基本 patch 格式

圖 3-5 是 Max 與感應器連結最簡單的 patch，當感應器的字串經過 unpack 分析之後，會分別從相對應的輸出點輸出。然後利用 zmap 重新定義音樂表演所需要的間隔，如 zmap 0 680 0 4 的意思就是將感應器的數值等分成 0-3 四個等分，然後再利用 select 這個函式去轉換真正要表示的音高。除了利用 select 來分段之外，還可以用 split 這個函式自行設定各段間距，以達到自己想要表現的模式。

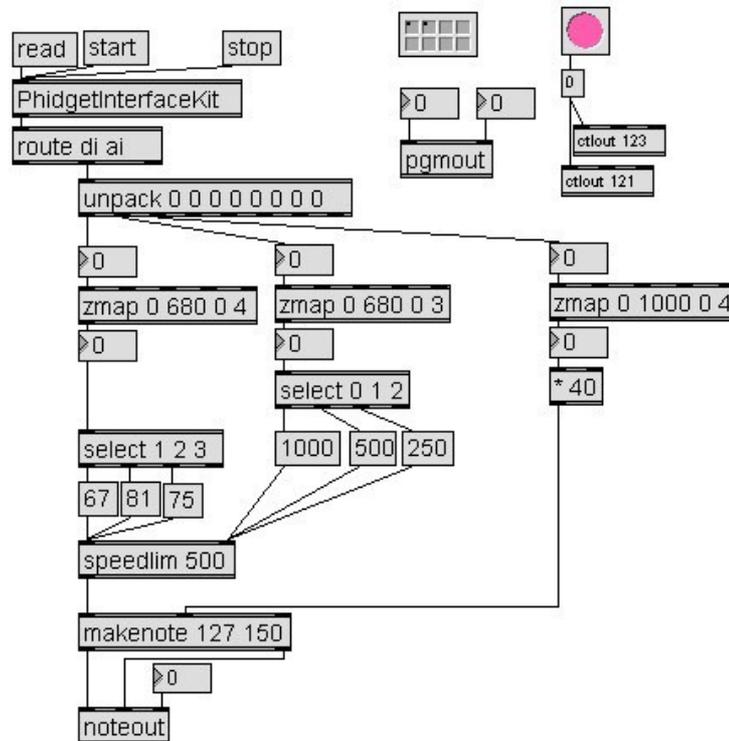


圖 3-5 感應器數值在 Max 中的演算

下圖 3-6 是各種表演用的複雜 Max 音樂模組，當中皆使用兩組距離感應器及一個光感應器。

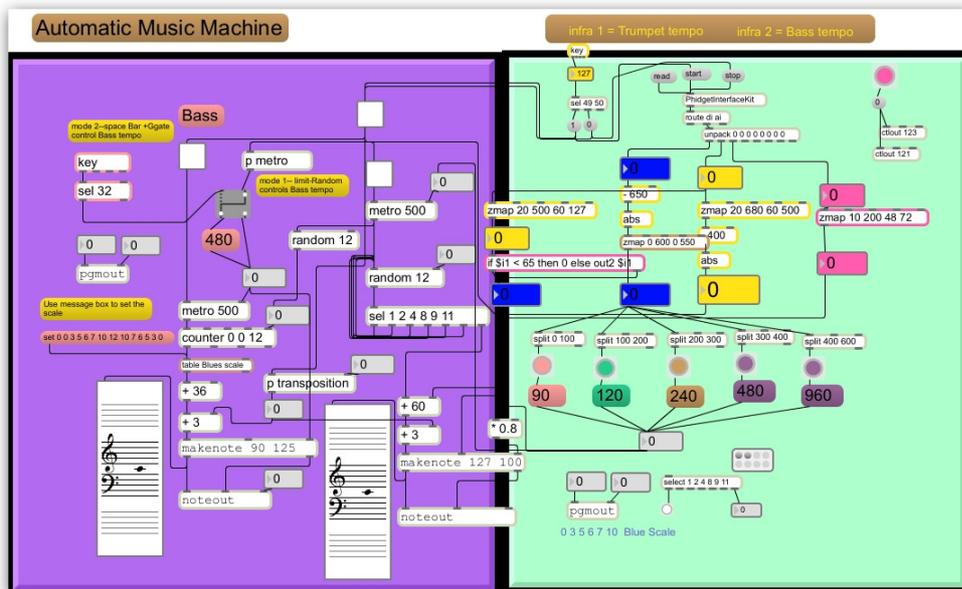


圖 3-6-1 藍調音樂[67]

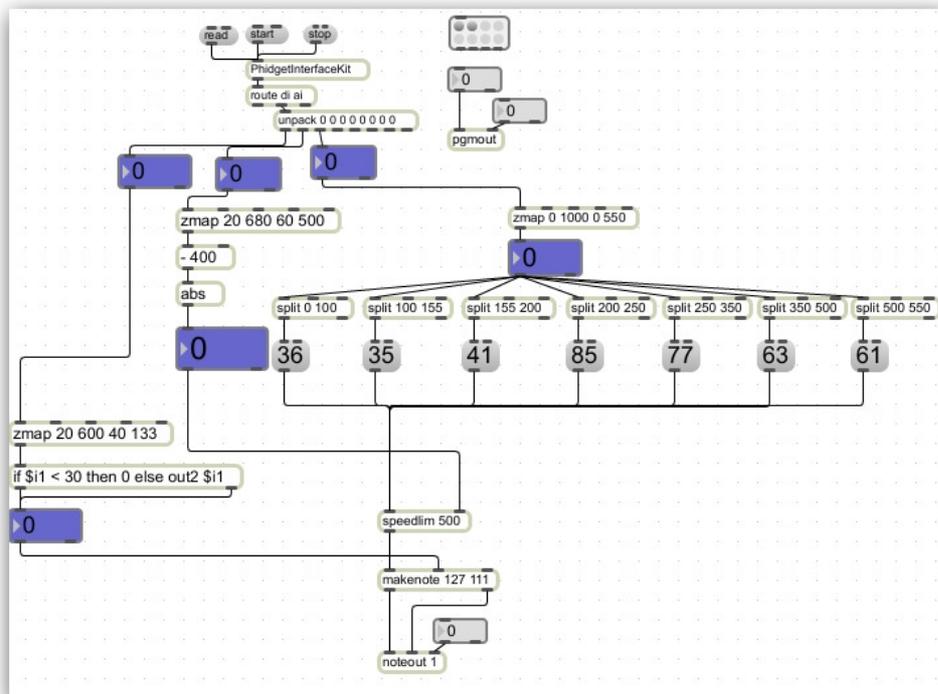


圖 3-6-2 打擊樂[68]

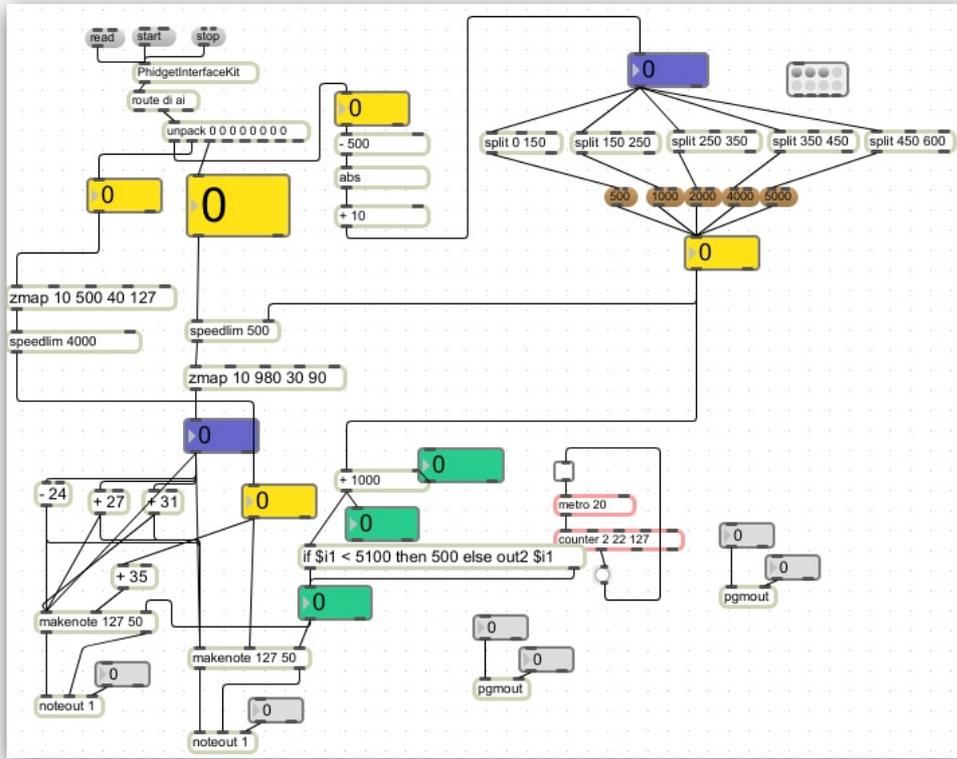


圖 3-6-3 慢歌[69]

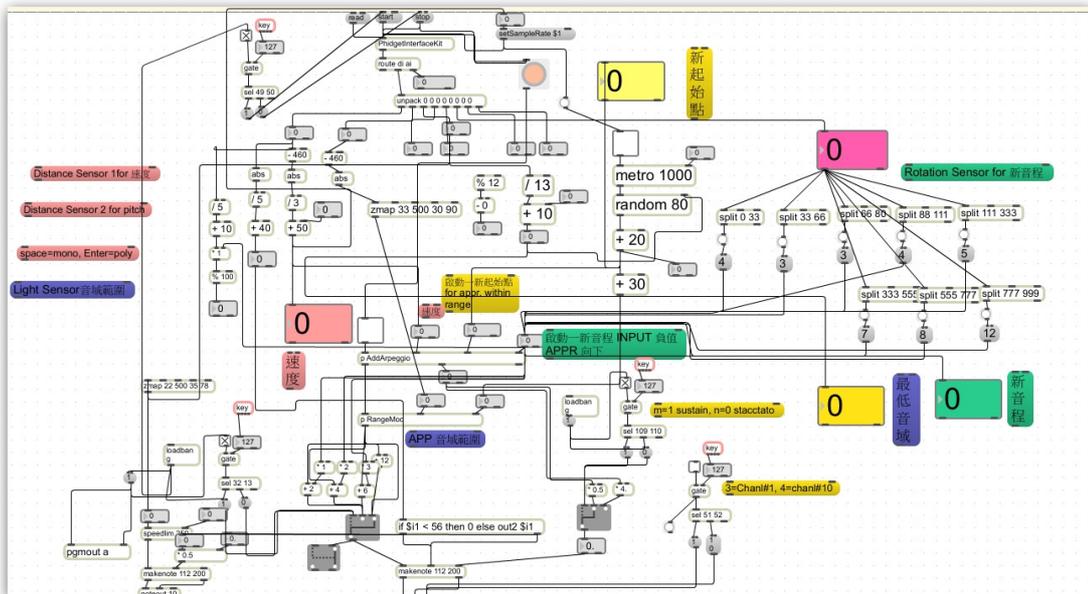


圖 3-6-4 模擬高階鋼琴技巧[70]

### 3.3 Wiimote 與 Max Patch 的設計

有關於 Wiimote 的應用，在網路可以找到許多相關的資訊。Wiimote 的特色就是把原有的按鈕控制器轉換成 3D 的按鈕控制器，多了三軸的旋轉，也因此多了許多可發展的空間。

在本研究中，我們利用數位透過藍芽與 Wiimote 來連結。由於藍芽是一種無線的通訊協定，在通訊穩定來說，並不會比有線來的好，但是因為是無線的關係，可以增加表演的空間與視覺的果效。所以在實驗過程中，常會發生的問題，不外乎就是藍芽與筆記型電腦的連線問題，以及藍芽與我們所使用的 Max 的操作過程是否能順利連接。

基本的作法是會先透過 Windows 系統本身所提供的硬體偵測介面來偵測 Wiimote 的存在。在增設完硬體之後，會測試 Wiimote 的操控是否可以在 Max 軟體中順利進行。在測試的過程中，某些數位的藍芽驅動程式是會要求使用者輸入金鑰，因為 Wiimote 並不能輸入金鑰，變成必須另外修改程式使其變為藍芽 1.1 的通訊模式。如果不行，我們會想辦法找到市面上可用的藍芽外掛軟體來支援。目前手邊已有測試過的 Blue Soleil 軟體[6]是可以取代 Windows 控制台本身的藍芽搜尋。

Wiimote 在 Max 的設計可以分成幾個部分，圖 3-7 是最主要的程式介面「tk.wii」，當我們透過藍芽與 Wii 連結之後，就開啟 tk.wii，這時候按下左上角的 connect，程式會自動與 Wiimote 連結，並且 Wiimote 會震動以表示連結成功。如果沒有辦法連結，就要必須調整圖 3-7 正中間的「prepend deviceid」，將其數字設為 1 就可以啟動。遙控手把有很多種不同的設計，因此在圖十三的圓圈部分，就是針對不同手把所做的設計，其中「core」是 Wiimote，「nunchuk」是另一種按鈕較少的手把，「classic」則是類似 PS 手把的設計。

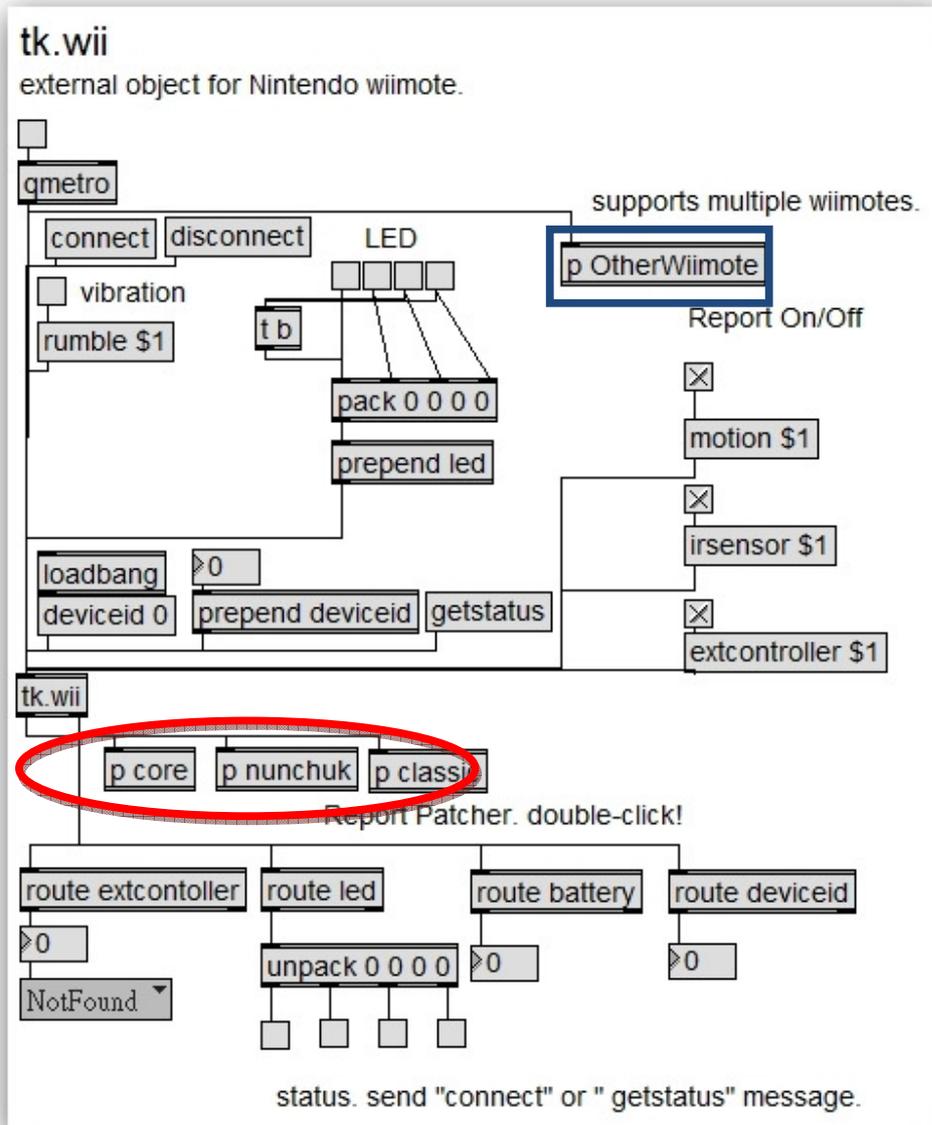


圖 3-7 tk.wii 程式

圖 3-8 就是我們主要設計的介面，在程式的左邊有一個外部輸入，透過兩層的 route 及一個 unpack 就可以將字串分解成 X、Y、Z 三個軸面的數值，因為其數值為小數，所以在 unpack 後面必須加上三個「0.」的格式設定。目前測試三軸的數值大約都在 0.3 到 0.6 左右，與感應器設計方式一樣，將其設定

成對應的範圍，就可以表現相對應的作用。中間的部分就是按鈕的控制，包含 A、B、+、-、Home、1、2、以及四個方向鍵。右邊則是紅外線感應器的偵測，在我們的設計裡面，這部分幾乎沒有用到。

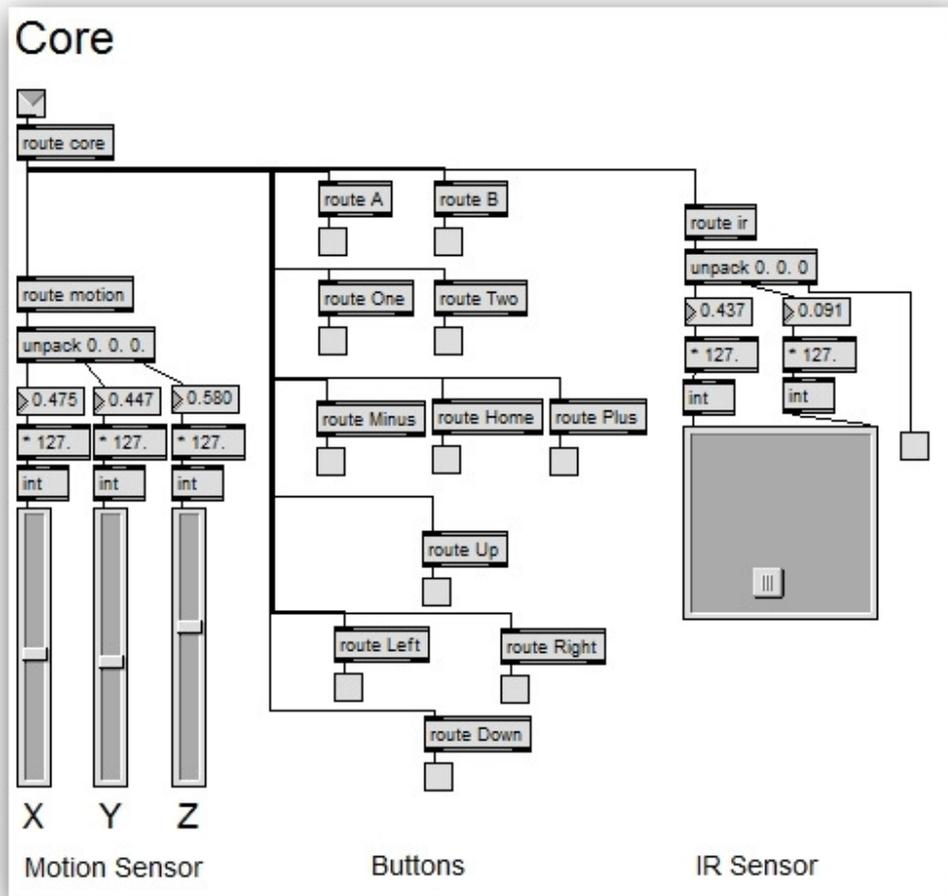


圖 3-8 主要控制 Wiimote 程式設計介面

以上是只有控制一支 Wiimote 的程式，當有多支 Wiimote 要一起控制的時  
候，在圖 3-7 的右上方（方格），有個 OtherWiimote 的 patch（圖 3-9），它的構  
造基本上與圖 3-7 雷同，不同的地方在於裝置的編號「deviceid」（圖 3-9 的方  
塊），每多一支 Wiimote 就要多一個 patch，然後修改 id 的編號即可。

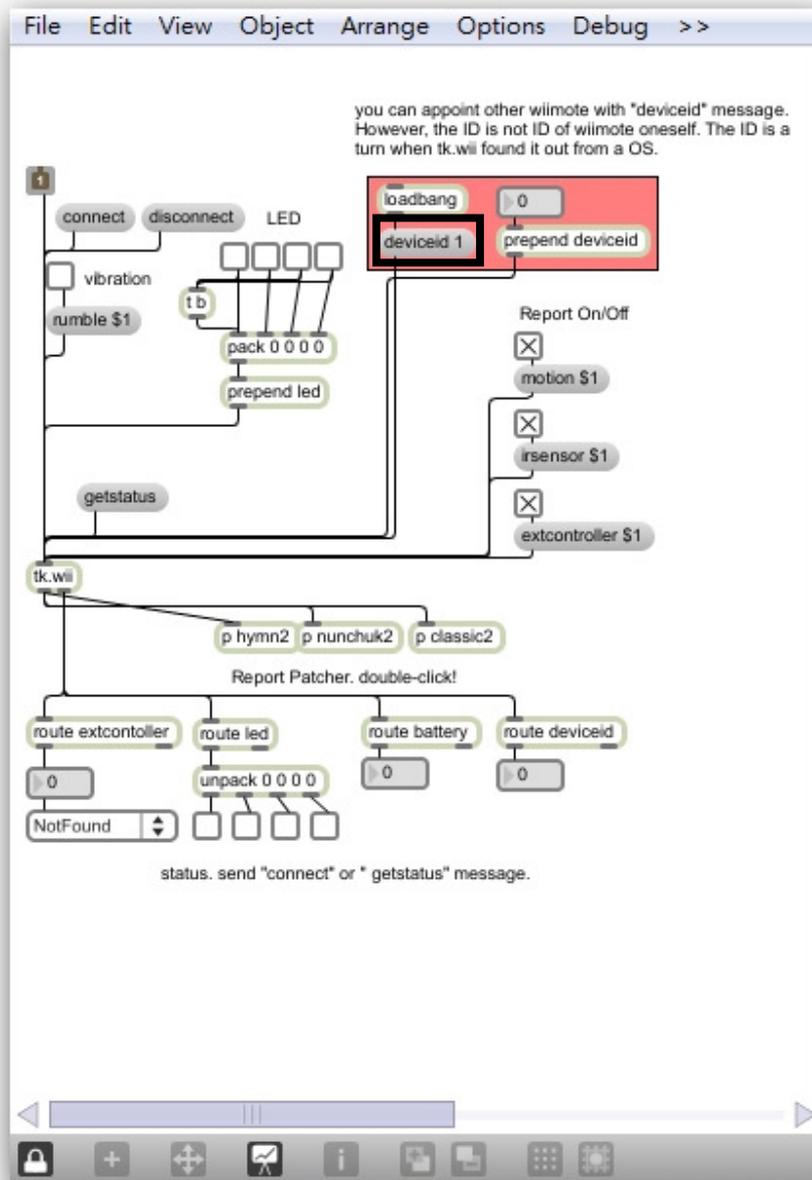


圖 3-9 連接多支 Wiimote 的 patch

當我們瞭解其構造之後，我們就可以自己來寫程式！圖 3-10 就是所編寫的 Core 程式，利用 Wiimote 的 X、Z 兩軸的轉動，來控制播放的速度與大小聲，所播放的曲目是蕭邦的圓舞曲。圖 3-11 則是貝多芬的命運交響曲。

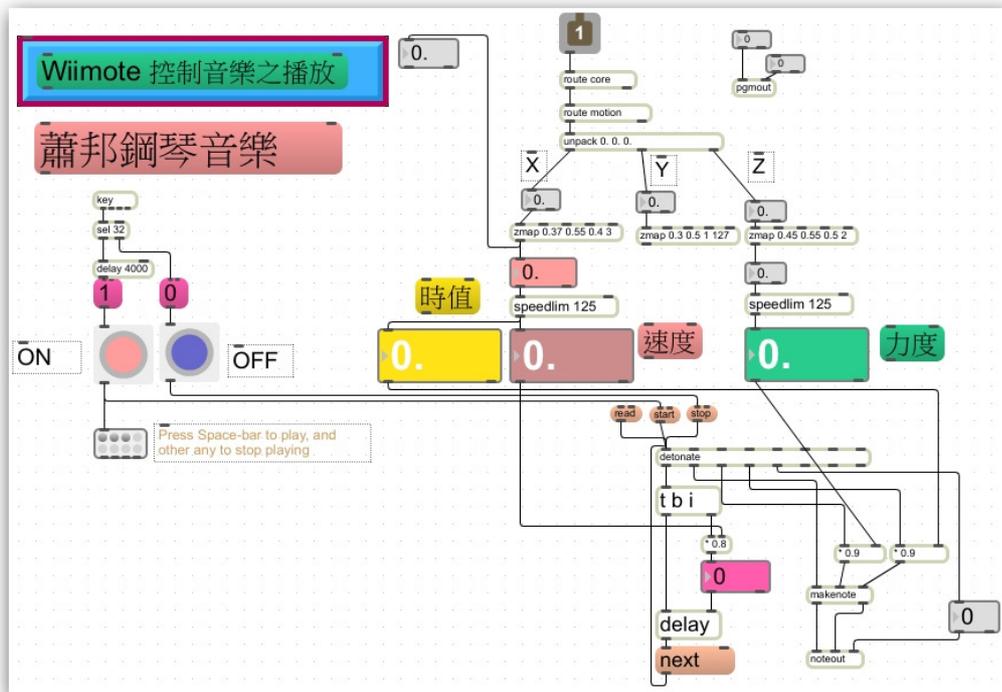


圖 3-10 蕭邦圓舞曲用 Wiiote 控制

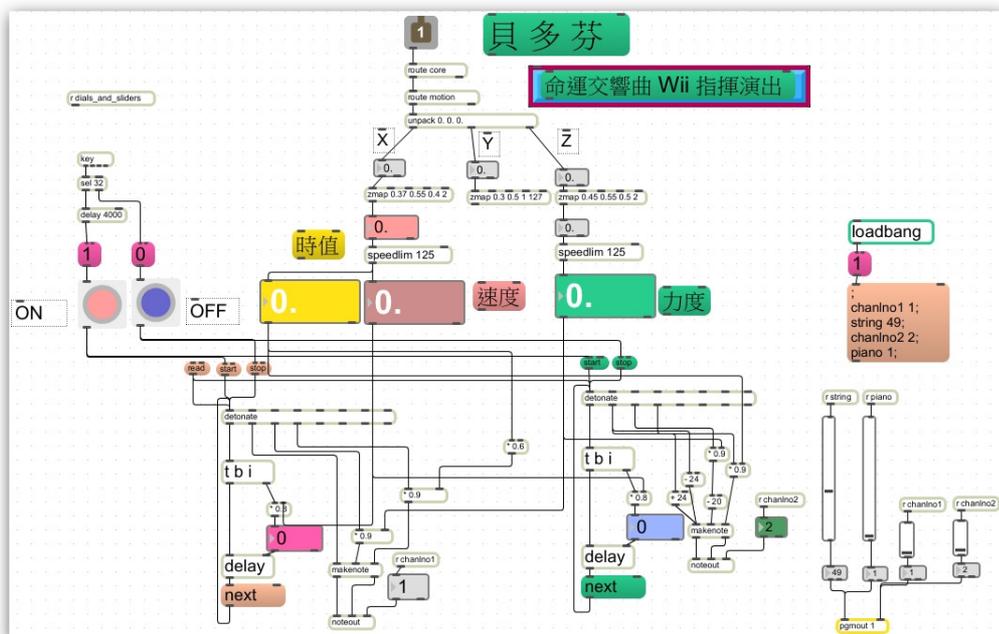


圖 3-11 貝多芬命運交響曲用 Wiiote 控制

### 3.4 曲目創作

CLOrk 所表演的曲目上，並不像一般傳統樂器一樣有完全的樂音系統，因此在此在作曲方面，我們不能完全依循過去傳統作曲的方式去設計所有的音符的走向與堆疊。在表演當中有些不確定性，會使得我們採用 20 世紀「機遇音樂 (Aleatory Music)」的作曲模式。

「機遇音樂」是屬於 20 世紀出現的音樂呈現模式，它是由作曲者或演奏者，或雙方同時任意揀選音樂素材。他們不受任何法則的拘束，因此有無限的可能性任他們活動[73]。

因此，在 CLOrk 一開始所創作的曲子裡面，先是以機遇音樂的基本架構為基底，嘗試以慢歌為主去創作設計，一開始為要熟悉感應器的操作，所以在 Max 的設計裡面，主要就會以長音、和諧的聲音去堆疊創造一個曲子所需要的聲音。

在創作的過程當中，我們可以分成兩種模式去產生音樂，一種是先有「作曲靈感」，將想要表達的東西先有個概觀，然後再去找尋所需要的聲音或音樂素材，去建構曲子。另一種創作模式，則是先有一堆聲音或音樂素材，再從其中摸索想要的聲音，進而堆疊整首曲子的架構。然而堆疊聲音的技巧，並不是隨隨便便，當中包含著對於曲子的大小聲、聲音的簡單性或豐富性，在這其中做許多的變化。

在記譜方面，每首曲子當中沒有音符的紀錄，只用文字或是符號來表示。下表是「Earth and Birds」整首曲子表現的曲譜[74]，圖 3-12 的三張圖則是他們三個人的程式。這首曲子是利用三組感應器所呈現的曲子，一個人負責高音、一個人負責中音、另一個人負責低音，曲譜中記錄出現的時間點、出現的聲音，以及中間是否有特別的聲音區別段落…等等。

1. 鳥叫聲+槍聲 0:00-0:10
2. 低音 in 0:10-0:25 (會有 cue 給高音)
3. 高音 in 0:25-0:40
4. 中音 in 0:40-1:30
5. 中音 change timber 1:30
6. 高音+低音 fade out 1:30-1:45
7. 高音+低音 change timber 1:45
8. 高音 loud + 大悲咒 1:45-2:15
9. 高音 solo(斷點 cue) 2:15-2:45
10. 低音+高音 fast 2:45-3:00
11. 中音進 3:00
12. 高音+低音 fade out 3:00-3:30

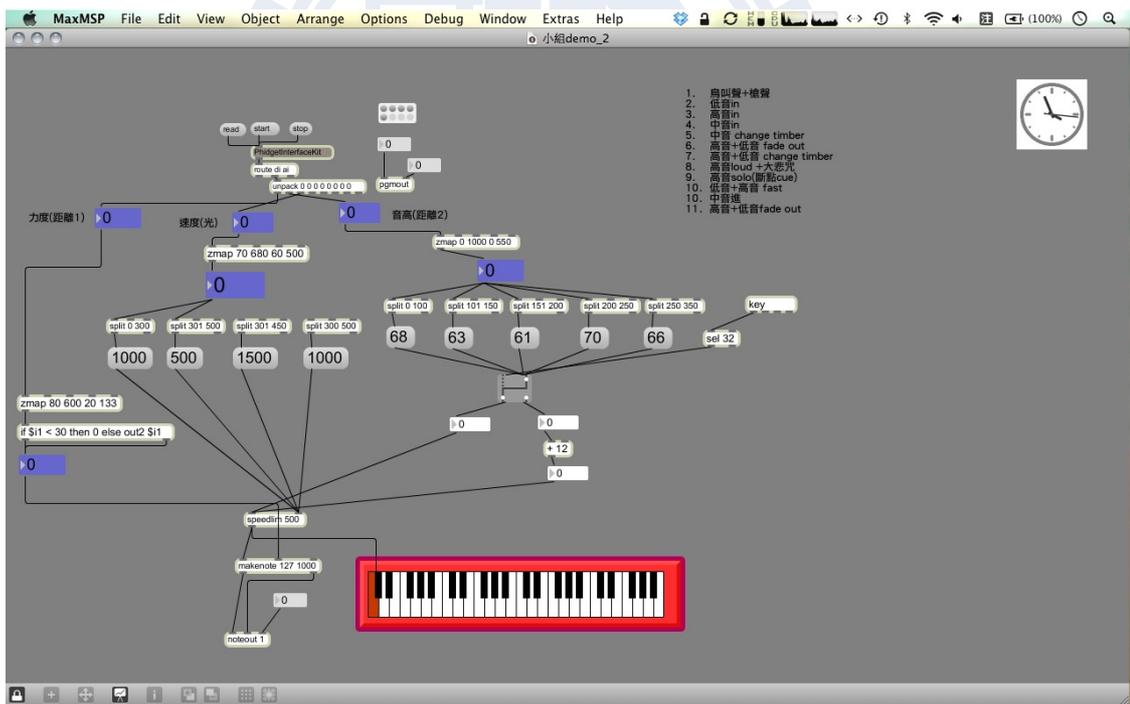


圖 3-12-1 負責高音的程式

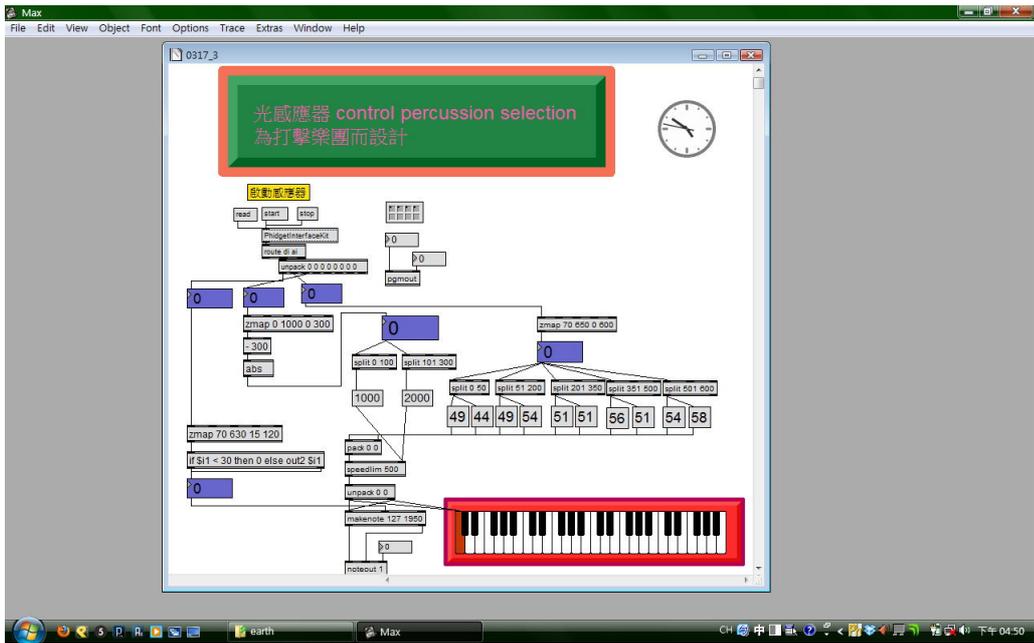


圖 3-12-2 負責中音的程式

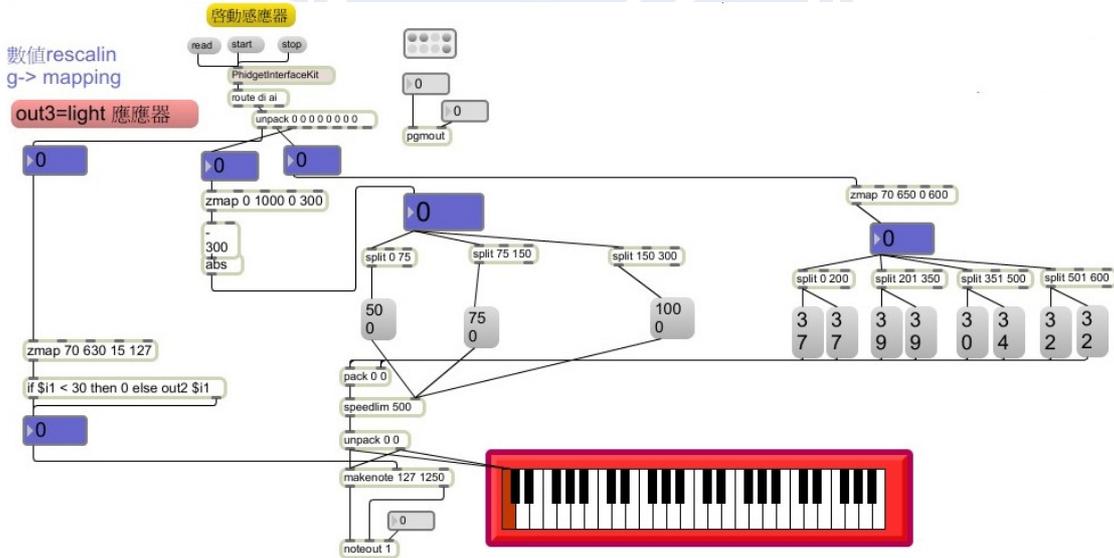


圖 3-12-3 負責低音的程式

圖 3-12 Earth and Birds 的 Max 程式

圖 3-13 是另一首曲子「東絃西鼓」第一版的曲譜[75]，這首曲子的成形並

不是先有作曲靈感開始，而是先將三個人分別對聲音的喜好（節奏、聲音組織）及所想要的呈現的方式做設計，然後開始演奏，再從演奏過程中去修正聲音的品質、聲音堆疊呈現的方式、以及可能再追加其它的聲音作補充。因此一開始在圖 3-13 中，並沒有二胡這樣的樂器加入，也沒有中國調音階的出現。經過多次練習與討論之後，為了豐富曲子的音樂變化性，首先加入了感應器控制的古箏聲音，爾後再加上組員本身會二胡樂器，配合另一位在鼓節奏上的敏銳度，形成了圖 3-14—「東絃西鼓」的最終版本，使得整首曲子先是西方樂器—鼓與藍調音階的出現，然後轉變成中國調音階，逐漸加入二胡實體樂器的聲音。在第二段，就讓二胡獨奏一段，然後大鼓加入換場景，由感應器演奏中國音樂接續二胡的音樂，最後一段就先以鼓的獨奏為主，然後加進音效、二胡來作為整首曲目所要表達的東西合併之意。而圖 3-15 就是整個東絃西鼓的 Max 程式。

A 段：藍調共三次↵  
 建一：四拍+八拍→A1 組音效-----→以閃燈表進入 B 段  
 畫豪：-----→進藍調（第一次最後兩小節進鼓）↵  
 聖翔：-----→第二次藍調進 B1 鼓組音效↵  
 ↵  
 B 段：藍調共兩次↵  
 建一：A2 組音效↵  
 畫豪：藍調加大鼓↵  
 聖翔：B2 組音效↵  
 ↵  
 C 段：藍調共三次↵  
 建一：第一次是 A1 音效、第二次是 A2 音效、第三次是 A1+A2 混用↵  
 畫豪：鼓與大鼓做搭配混合節奏↵  
 聖翔：第一次無聲、第二次進 B1 音效、第三次加入 B2 音效↵

圖 3-13 東絃西鼓的第一版曲譜

曲名：東絃西鼓

音樂流程

所需聲音：中國音階、音效 A、B (建一)，二胡、音效 C (聖翔)，大鼓、爵士 table、中國音 table (書豪)

A 段：

- 建一：2 聲鈴 (1000ms) → 4 聲鈴 (500ms) → 音效 A (慢板) → 音效 A 快板 → 音效 B (慢板)
- 書豪：→ 爵士 table 1 (4 拍後進大鼓 500ms) → 爵士 table 2 → 中國音 table (結束)
- 聖翔：→ (8 拍後進音效 C) → 音效 C 做變化 → 偶有二胡單音 (最後拉長音 4 拍)

B 段：(約有 16 小節)

- 聖翔：拉長音 4 拍後，開始二胡即興 (盡量是先慢後稍快)
- 書豪：第 13 小節進大鼓 (1000ms)
- 建一：最後出現一點中國音階

C 段：(約有 16 小節)

- 建一：接續聖翔用 Patch 即興中國調
- 書豪：大鼓由 1000ms 變成 500ms，另外可加其他拍點
- 聖翔：8 小節後二胡進場 (襯音)

D 段：

- 書豪：大鼓獨秀 16 小節 → 爵士 table 3 → 爵士 table 4
- 建一：→ 音效 B → 中國音階 + 音效 A、B
- 聖翔：→ 音效 C → 二胡

圖 3-14 東絃西鼓的最終曲譜

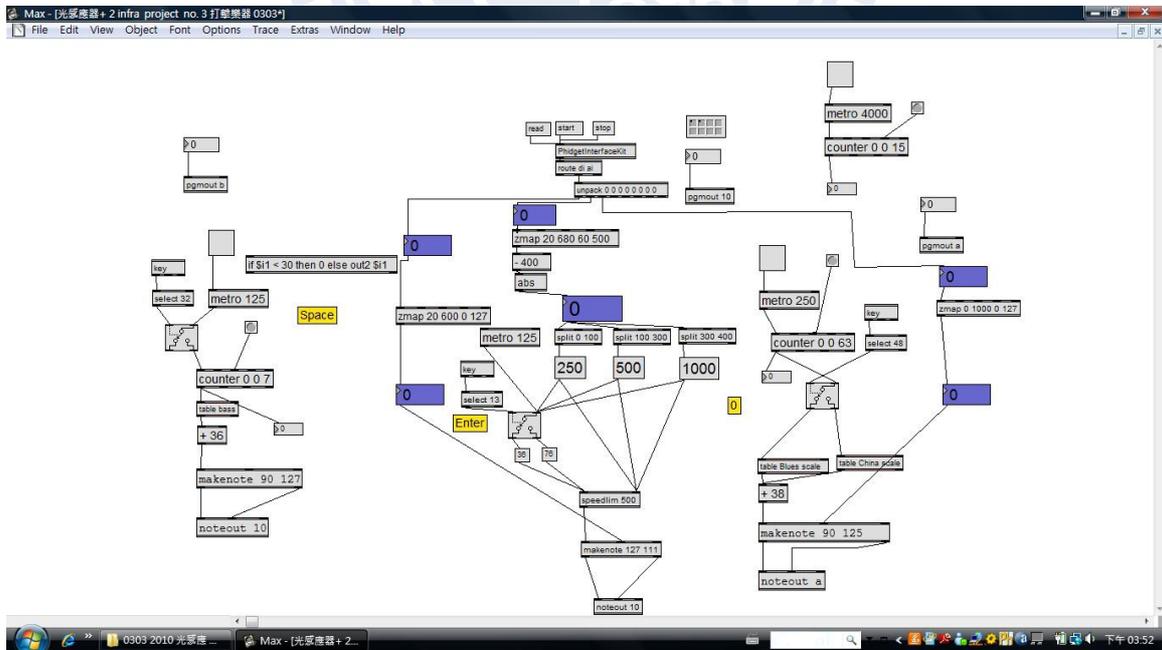


圖 3-15-1 鼓與藍調、中國音階的 Max 程式

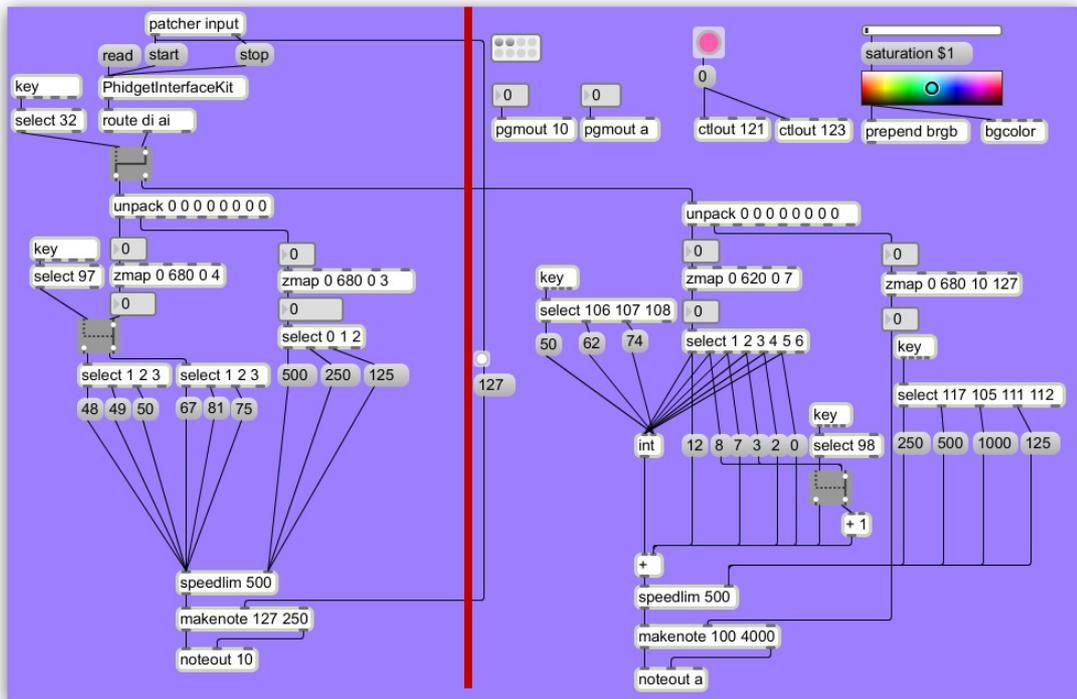


圖 3-15-2 線條左半邊是音效控制，右半邊是日本與中國調音階控制

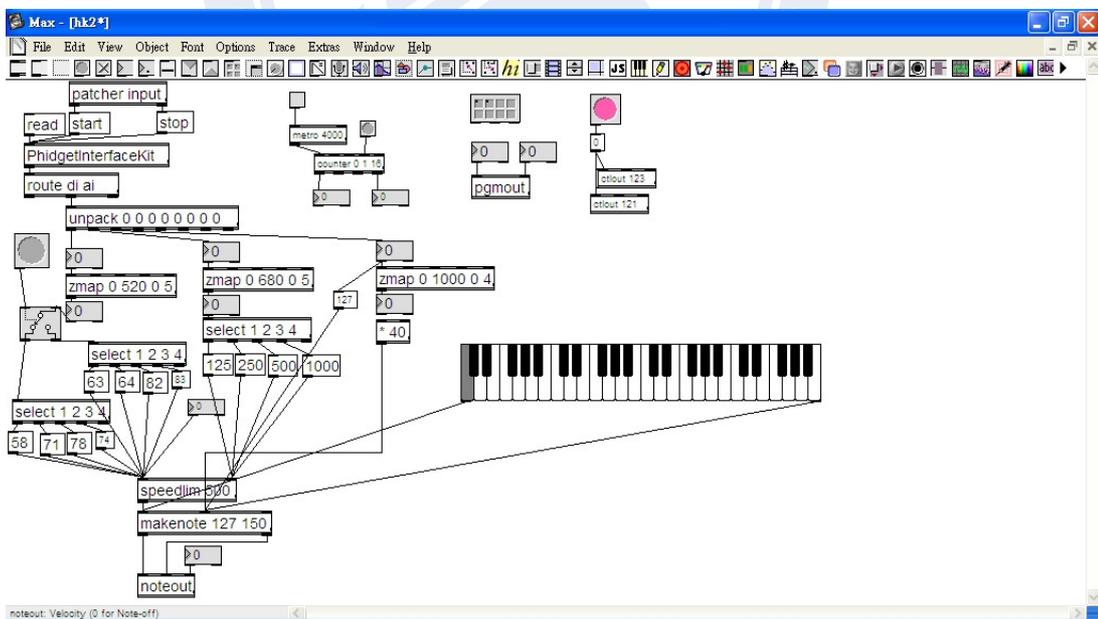


圖 3-15-3 另外一組音效控制

圖 3-15 東絃西鼓的 Max 程式



「Hymns」是第一個嘗試將 Wiimote 當作主旋律樂器來表現[77]。之所以會做這樣的嘗試是因為 Wiimote 上有幾個按鈕可以控制，以及 Wiimote 的甩動跟手鐘操作的樣子很像。第一次的嘗試，是表演了兩首經典的歌曲「奇異恩典」[78]、「快樂歌」[79]。首先先分析譜的結構，將四部所需要用到的音符分析如圖 3-18，通常一支 Wiimote 有四方鍵、A、B、+、-、Home 以及 1、2 共 11 個控制鈕，照理說這種四部的歌曲，單一聲部所需要的音符是足夠的，但是要考慮到手鐘整體的表演性，會把原有的音符分給兩支 Wiimote，然後為了平衡左右手的甩動，會同時在兩支 Wiimote 上增設一些相同的音符。之後，會根據這些音符出現的次數多寡及順手操作，將其對應至 Wiimote 上不同的按鍵。因為總共有四部，所以用了四台電腦及八支 Wiimote 做展演。

奇異恩典、快樂頌（預設 G 大調）↵

Soprano：↵

左： $\dot{5}$ ...3...2...1...5.....右：1... $\dot{6}$ ...5...4...2↵

Alto：↵

左： $\dot{3}$ ... $\dot{4}$ ... $\dot{7}$ ... $\dot{7}^b$ ...5.....右： $\dot{5}$ ...1... $\dot{6}$ ... $\dot{5}^\sharp$ ... $\dot{4}^\sharp$ ↵

Tenor：低 8 度↵

左：1...5...4...3.....右： $\dot{5}$ ... $\dot{7}$ ...3...2...4↵

Bass：低 16 度↵

左：1...5... $\dot{1}$ ...3.....右：3...6...4... $\dot{1}$ ...2... $\dot{5}^\sharp$ ↵

圖 3-18 分析 Hymns 四部所需要的音符

這首曲子，是利用 Max 為操作介面操作，每台電腦連上兩支 Wiimote 然後如圖 3-19 設置分別控制兩個 Wiimote 的 patch。然後在個別的 patch 中，撰寫所需要的表演控制的 patch（圖 3-20）

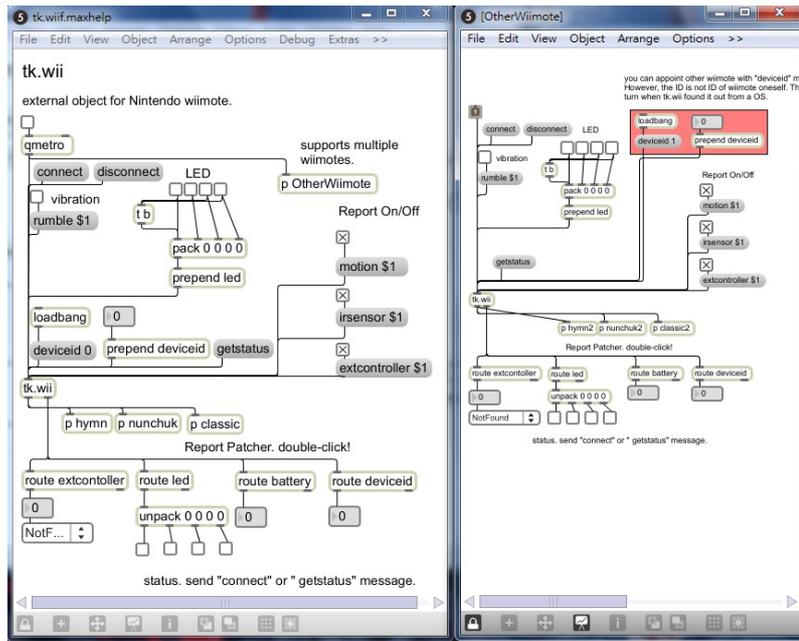


圖 3-19 同時連接兩支 Wiimote 的 patch

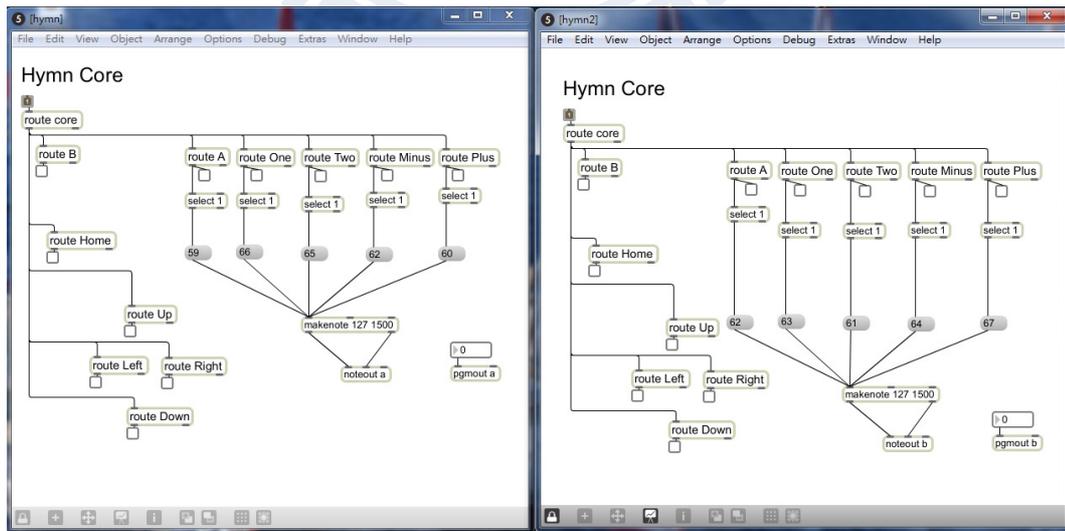


圖 3-20 分別控制兩支 Wiimote 的 patch

「即興」是以上樂曲表現的重要手法。在 CLOrk 所創作的曲子當中，每首曲子每次演奏的過程當中，雖然有譜做為我們的參考，但未必會在細節上完全一模一樣，這是因為在演出的過程中，有一部份不可預期的環境、個人的心情或是程式本身的狀況，面對這些不可預期的狀況，就必須當下即時處理相對應聲音來彼此呼應調和，也許觀眾喜歡某段的音樂，就延長那段音樂的長度；也許當下個人的心情是很興奮的，那可能對於原本需要很小的聲音，就變成大聲的聲音；或是在控制的過程中發出一個不是預期的音效，這時候可能就需要其他的音效來掩蓋這個聲音的突兀。這樣的「即興演奏」，不僅使得整首曲子的表現不至於受影響，同時對於聽過這曲子表演的人，增添了對曲子的新鮮感和期待。

所謂的「即興演奏」，就是演奏者不完全按照作曲家預先創作好的樂譜演奏，而是以現場的環境或是個人的感受直接彈奏，因此，每一次都有不一樣的演出，也增加了原有樂譜內所缺少的新鮮感。這種即興的演出，如果寬鬆一點定義，只要是人演奏，就一定有即興的成分在裡面，就算是天才音樂家莫札特，也不可能把自己的曲子每一次都演奏得一模一樣，當中必定有個人的情緒在其中，而影響了彈琴的力道、聲音的大小...等狀況；反之，若要嚴格一點說明即興，那麼爵士樂可以說是即興演奏的最佳代言。在爵士樂的當中，最常出現的手法會事先將原曲演奏一遍，接著伴奏者的音樂行進不變，主旋律則在這伴奏音樂中開始延伸自己所要表現的音樂，沒有樂譜，就是單純地臨場發揮。所以，我們也可以說「即興」是強調演奏家與聽眾之間的隱形互動，或說炒熱現場氣氛，或說展現音樂的新鮮感。

機遇音樂的音樂作曲，比較像是一種實驗性的音樂作品，這樣的作品對於一般人而言，接受度相對地比較低，要如何讓音樂與科技有更多的碰撞，使得音樂有更廣的發展性，因此我們發現單靠科技是不夠的。對此，我們還是會回

到傳統樂器上做搭配，讓傳統樂器產生主旋律的聲音，感應器及 Wiimote 發出具有規律性的樂音或是節奏，另外，我們也發現有人在 iPhone 上製作了一系列的音樂軟體供大家付費下載使用[51]，我們也利用了其中一套陶笛的軟體來當作主旋律的樂器，讓 iPhone 成為音樂的主軸。圖 3-21 就是「頑皮豹」的部分曲譜。其中 Bass 是感應器及 Wiimote 控制、Drum 由兩支 Wiimote 控制、另一組感應器產生和聲，其他樂器有 iPhone 的陶笛、口琴、二胡、還有 Bongo 鼓做即興。

The image shows a musical score for the piece "頑皮豹" (Mischievous Leopard). The score is written for a 4/4 time signature with a tempo of 124. The instruments listed on the left are Bass, Flute Solo, 2nd Trombone, 1st Trombone, Trumpet, Sax, French Horn, Piano (Electric Grand Piano), and Drums. The score includes a key signature of one flat (B-flat major or D minor) and a tempo marking of 124. The music is primarily in the bass clef, with some parts in the treble clef. The drums part features a consistent rhythmic pattern with snare and bass drum hits. The piano part includes a section marked "Pedal (forward)". The saxophone part has a melodic line with some grace notes. The flute solo part is mostly rests. The brass instruments (trumpet, trombone, French horn) have parts that are mostly rests. The bass part has a melodic line with some grace notes.

圖 3-21 頑皮豹的部分曲譜[80]

## 第四章 成果展示

CLOrk 的成立時間只有一年，在這一年當中，上下學期各以一門「數位樂團」的課程來招募團員，並且發表了三次的演出。

第一次的演出在 2009 年 11 月 18 日，地點在交通大學工程五館國際會議廳。因為是 CLOrk 的第一次展演，所以並沒有對外開放，只邀請所上老師聆聽欣賞。在本次的演出當中，主要就是先以基本的操作為表演重心，感應器的控制、Wiimote 的控制、以及與實體樂器的對話。圖 4-1 是由本學程甲組白明憲教授指導學生所做的喇叭圖 4-2 則是加入爵士鼓、吉他、貝斯、鍵盤來做合作展演。圖 4-3 則是這次展演的照片；有關本次展演的影片，已放至於 Youtube 網站[10]。



圖 4-1 學程自製喇叭



圖 4-2 實體樂器



圖 4-3 利用三台電腦加上感應器做合作表演

第二次演出在 2010 年 1 月 20 日，地點在交通大學實驗劇場，這算是 CLOrk 第一次的公開演出，除了廣貼海報及寄發各大學邀請之外，也有新聞媒體前來採訪[13]。此次表演的重點，除了將期中發表過的作品作更多的修正之外，也加入實體樂團與感應器的互動合奏，另外也增加表演困難度，動用 12 人以上的感應器與實體樂器的合奏，使得這樣的表演方式也真符合數位樂團的創立的宗旨。除此之外，我們也邀請了國外的舞者及琵琶演奏家參與其中的表演，使得整場在實體樂器與虛擬樂器的交替之下，讓 CLOrk 數位樂團的處女作，增添了更多光彩，也擴展音樂與科技結合表演的可看性與前瞻性，並創造帶動國內在跨領域人機互動上更多的無限遐想。圖 4-4 是這次表演的海報；圖 4-5 是節目單；圖 4-6 及圖 4-7 是事前練習的照片；圖 4-8 到圖 4-10 是展演時的照片；相關表演影片於 Youtube 上可搜尋得到[11]。



圖 4-4 第二次發表海報



圖 4-5 第二次發表節目單



圖 4-6 大合奏



圖 4-7 大合奏



圖 4-8 CLOrk 所有成員



圖 4-9 實體樂團與感應器



圖 4-10 感應器與舞者、琵琶演奏

2010年5月5日是第三次的CLOrk演出，就做了一次突破性的挑戰，應苗栗縣獅潭鄉永興國小之邀請，成為他們「藝術與人文教學深耕計畫」的講員，將CLOrk的踏出校園的第一次給了這間國小[12]。面對30位左右的國小學生，我們也修正原本所要發表的曲目，將原本的實驗音樂改為合乎小學生可聽的音樂，當中包含iPhone表演的「天黑黑」，結合感應器、Wiimote、iPhone、口琴、二胡的「頑皮豹」、以及「龍貓插曲」。此外，也因為iPhone的加入，我們也多了一個現場與孩子互動的節目，讓孩子自己來操作科技產品發出聲音，在最後，我們也邀請幾位孩子，一起合奏「頑皮豹」。圖4-11到圖4-16是這次表演的照片；表演影片放至於Youtube上。



圖 4-11 頑皮豹



圖 4-12 天黑黑



圖 4-13 孩子與科技的互動體驗



圖 4-14 孩子體驗感應器的操作



圖 4-15 合奏「頑皮豹」



圖 4-16 CLOrk 與學校主任合照

2010年6月25日將是CLOrk第四次的演出。這次的展演，目標放在將音樂用更多的新科技產品來詮釋，如 iPhone、iPod Touch 以及 Wiimote。利用 Wiimote 當作手鐘來演奏音樂；利用 iPhone 吹奏出音樂；結合所有的科技，合奏有調性的音樂；透過這些科技的器材，做一次電玩的配樂；當然我們還是會有實驗性的作品在其中。讓主角不再只是實體樂器，而是讓科技產品可以嘗試地取代實體樂器便為主旋律的控制者。



圖 4-17 CLOrk 第四次公演海報

## 第五章 結論與未來展望

CLOrk的成立，的確為台灣的音樂界帶來許多的衝擊，不僅是音樂呈現方式的改變，也將科技與音樂的結合做了一個最佳的起頭示範。透過感應器、Wiimote裝置在數位上做展演，而後也將iPhone納入科技音樂展演的範疇，在CLOrk未來的發展上，我們還是有許多空間可以去變化，例如說：像PLOrk一樣，自行開發屬於CLOrk的音樂程式，或是增加硬體設備的多樣性（如：多相位喇叭）。另外，也可以往數位樂器開發著手，將感應器或是其他的科技產品，裝置在不同的物品上，使其可以發出美妙的樂音，這也是可以發展的方向。

台灣在許多資訊科技發展上從未缺席，更多時候是居於領先的地位，因此在21世紀的台灣，開始講求跨領域的結合，以及以資訊輔助其他領域之發展的需求。因此我們看見資訊在教育界所提供的輔助教學，提升了教育的品質與學習的動機；在文學界，也將許多文學作品由紙本推向電子化，甚至建立了數位圖書典藏計畫；在視覺藝術領域也因著許多資訊技術的加入，使得創作更加豐富與多元。這種種的資訊整合應用，在科技與音樂結合的發展上，相較之下，稍顯不足。國立交通大學是國內重要之理工大學，向來以科技研究著稱，本校同時也設有音樂研究所以及聲音與音樂創意科技碩士學程，在人文與科技都擁有的情況下，具備整合音樂專才與電腦科技專家共同發展科技與音樂跨領域結合的良好條件。因此，透過交大CLOrk數位樂團計畫的研究與推行，提供一個科技與音樂藝術整合應用的實際例子，也期待藉此拋磚引玉帶動國內此一相關領域之風潮，擴展台灣音樂的創作與展演手法，豐富台灣音樂表演藝術的多元性，使台灣在不久將來能趕上世界之趨勢與潮流，更進而開創一個科技與藝術人文並重之新紀元。

CLOrk的第一年，也算是在一個摸索的階段，團員必須熟悉整個樂團的運

作模式，同時對於感應器的操作與Wiiote的操作都是第一次的接觸與嘗試。從一開始操作老師所撰寫的Max程式，到後來嘗試自行修改，甚至開發新的Max程式，看見每個團員都在為自己心中的音樂在努力著。加上每個星期自動地超過三到六個小時以上的排練，讓團員有更多思考、創意的發揮，以及出色的表現。

每一次的演出，都讓團員們對於樂團有更多的創意與期待。從第一次的演出，所上老師的肯定給予團員最大的鼓勵，也鼓勵我們朝著大眾音樂發展，因此團員們開始思考要如何產生比較符合大眾口味的音樂，於是就產生實體樂團與虛擬樂器結合的嘗試。在表演的當中，美妙的旋律在會場流動著，不時地穿插著科技所扮演的角色，使得原本只是音樂欣賞的節目變得也吸引人的目光。第一次的對外展演，聽眾的指教與鼓勵，讓我們又再次思考實體樂器與虛擬樂器的分配比，以及要如何讓數位樂團可以更實至名歸。

在國小的表演，除了讓虛擬樂器的比例在每個節目中增加之外，我們也還是結合了一些傳統樂器在其中，而這樣的果效，吸引了小學生對於這樣表演方式的好奇心。在當天，我們特別開放讓孩子到前面來實際操作感應器及Wiiote，也讓他們與我們一同演奏音樂，實際地完成了一次互動教學。

對於CLOrk的未來發展，有幾個問題必須成為考量：

1. 如何讓科技（感應器、Wiiote）也成為主旋律的樂器？
2. 是否還有更多的音樂軟體可以支援表演（如：Reason、Cubase）？
3. 科技的新鮮感有限，如何讓每次展演都可以有期待？
4. 如果加入一些視覺與聽覺的互動，是否可以增加更多的發展？
5. 科技不斷地更新發展，這樣的演變，對於CLOrk本身的發展與團員們對於科技知識的吸收，是否也形成了另一種音樂人的壓力？
6. 這樣的音樂展演模式，對於一般小學生的音樂教育來說，是否能提供更多

的練習，讓沒有樂器的孩子也可以玩音樂？

7. 如何包裝這樣的展演模式，使得更多的人可以一起玩音樂？

以上是個人的拙見，卻也是目前CLOrk可能會遇到的瓶頸，期待未來CLOrk的發展，可以突破這些問題，讓每次的表演都有期待與新鮮感。



## 參考文獻

- [1] Armstrong, N. 2006. An Enactive Approach to DigitalMusical Instrument Design. Ph.D. dissertation, Music Department, Princeton University.
- [2] Bahn, C., and Trueman, D. 2001. Interface – electronic chamber ensemble. CHI Workshop on New Interfaces for Musical Expression, <http://www.informatik.uni-trier.de/ley/db/conf/nime/nime2001.html>
- [3] Bahn, C., T. Hahn and D. Trueman, "Physicality and Feedback: A Focus on the Body in the Performance of Electronic Music," Proceedings of the International Computer Music Conference, Havana Cuba, 2001.
- [4] Bischoff, J., Gold, R., and Horton, J. 1978. Microcomputer network music. *Computer Music Journal* 2 (3): 24–9.
- [5] BLOrk (Gem), <http://www.laptoporchester.de/>
- [6] BlueSoleil, <http://www.bluesoleil.com/>
- [7] Brown, C., Bischoff, J., and Perkis, T. 1996. Bringing digital music to life. *Computer Music Journal* 20 (2) : 28–32.
- [8] Burkholder, P. J. 1986. The twentieth century and the orchestra as museum. In Peyser (ed. ) *The Orchestra: Origins and Transformations*. New York: Scribner.
- [9] Cascone, K. 2003. Grain, sequence, system: three levels of reception in the performance of laptop music. *Contemporary Music Review* 22 (4) : 101–4.
- [10] CLOrk 數位樂團 98 上期中表演，交通大學工五館國際會議廳，2009.11.18. [http://www.youtube.com/watch?v=tW05hx\\_7B6I](http://www.youtube.com/watch?v=tW05hx_7B6I)
- [11] CLOrk 數位樂團 98 上期末表演，交通大學實驗劇場，2010.01.20. <http://www.youtube.com/watch?v=BmVq-gNwtCM&feature=related>，
- [12] CLOrk 數位樂團 98 下期中表演，苗栗縣獅潭鄉永興國小，2010.05.05. <http://www.youtube.com/watch?v=77LgUJUtJX8>
- [13] CLOrk 數位樂團新聞，[http://www.pac.nctu.edu.tw/News/news\\_more.php?id=262](http://www.pac.nctu.edu.tw/News/news_more.php?id=262)
- [14] Collins, N. 2003. Generative music and laptop performance. *Contemporary Music Review* 22 (4) : 67–79.
- [15] Cone, E. 1968. *Musical Form and Musical Performance* New York: Norton.
- [16] Cook, P. 2004. Remutualizing the musical instrument: codesign of synthesis algorithms and controllers. *Journal of New Music Research* 33 (3) : 315–20.
- [17] Cook, P. and Scavone, G., "The Synthesis ToolKit (STK)," International Computer Music Conference, Beijing, October, 1999.
- [18] Cook, P. and Trueman, D., "NBody: Interactive Multidirectional Musical Instrument Body Radiation Simulations, and a Database of Measured Impulse Responses," Proceedings of the International Computer Music Conference, Ann Arbor 1998.
- [19] CybOrk (RUS), <http://cyberorchestra.com/>
- [20] Dhomont, F. 1996. Acousmatic update. Sonic Arts Network, <http://www.sonicartsnetwork.org/ARTICLES/ARTICLE1996DHOMONT.html>
- [21] Godøy, R. I. 2001. Imagined action, excitation, and resonance. In R. I. Godøy and H. Jørgensen (eds. ) *Musical Imagery*. The Netherlands: Swets and Zeitlinger.
- [22] Godøy, R. I. 2003. Motor-mimetic music cognition. *Leonardo* 26 (4) : 317–19.

- [23] Gresham-Lancaster, S. 1998. The aesthetics and history of the hub: the effects of changing technology on network computer music. *Leonardo Music Journal* 8: 39–44.
- [24] Jaeger, T. 2003. The (anti) -laptop aesthetic. *Contemporary Music Review* 22 (4) : 53–7.
- [25] Jorda, S. 2005. Digital Lutherie: Crafting Musical Computers for New Musics' Performance and Improvisation. Doctoral Dissertation, Departament de Tecnologia, Universitat Pompeu Fabreu.
- [26] L<sup>2</sup>Ork (USA), <http://l2ork.music.vt.edu/main/>
- [27] Landy, L. 2000. *Devising Dance and Music: Ide'e Fixe*. Experimental Sound and Movement Theatre. Sunderland: Sunderland University Press. Available online at <http://www.mti.dmu.ac.uk/,llandy/dance.html>
- [28] Lansky, P. 1990. A view from the bus: when machines make music. *Perspectives of New Music* 28 (2).
- [29] Laptop Orchestra (JPN), <http://laptoporchestra.net/>
- [30] Laubier, S. 1998. The meta-instrument. *Computer Music Journal* 22 (1) : 25–9.
- [31] Leppert, R. 1995. *The Sight of Sound*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- [32] Max/MSP. Cycling '74, <http://cycling74.com>
- [33] McCartney, J. "SuperCollider: A New Real-time Synthesis Language," Proceedings of the International Computer Music Conference, Hong Kong, August 1996.
- [34] MiLO (USA), <https://pantherfile.uwm.edu/gssurges/www/milo/pages/info.html>
- [35] Mimeo [n.d.]. Music in Movement Electronic Orchestra. <http://www.gjp.info/infomimeo.htm>
- [36] MLOrk (USA), <https://pantherfile.uwm.edu/gssurges/www/milo/pages/info.html>
- [37] Monroe, A. 2003. Ice on the circuits/coldness in crisis: the resubordination of laptop sound. *Contemporary Music Review* 22 (4) : 35–43.
- [38] Moorefield, V., and Weeter, J. 2004. The Lucid Dream Ensemble: a laboratory of discovery in the age of convergence. *Organised Sound* 9 (3) : 271–81.
- [39] OLOrk (Norway), [http://fourms.wiki.ifi.uio.no/Oslo\\_Laptop\\_Orchestra](http://fourms.wiki.ifi.uio.no/Oslo_Laptop_Orchestra)
- [40] Ostertag, B. 2002. Human bodies, computermusic. *Leonardo Music Journal* 12: 11–14.
- [41] Pareles, J. 2005. Home sweet studio. *New York Times*. 20 March, Arts and Ideas.
- [42] Phidgets, <http://www.phidgets.com/>
- [43] PLOrk (USA), <http://plork.cs.princeton.edu/>
- [44] Puckette, M. "Combining Event and Signal Processing in the MAX Graphical Programming Environment," *Computer Music Journal*, Vol 15, No. 3, 1991.
- [45] Rasch, R. 2000. Timing and synchronization in ensemble performance. In Sloboda (ed. ) *Generative Processes in Music*. Oxford: Oxford.
- [46] Risset, J.C., "Computer music experiments, 1964--," *Computer Music Journal*, vol. 9, Spring 1985.
- [47] Ryan, J. 1991. Some remarks on musical instrument design at STEIM. *Contemporary Music Review* 6 (1) : 3–17.
- [48] SeaLOrk (USA), <http://www.laptoporchestra.com/about.html>
- [49] SLOrk (USA), <http://www.facebook.com/group.php?gid=16268980942>
- [50] Smallwood, S., Trueman, D., Wang, G., and Cook, P. 2007. Composing for laptop orchestra (in press).
- [51] Smule, <http://ocarina.smule.com/>
- [52] Spitzer, J., and Zaslav, N. 2004. *The Birth of the Orchestra*. Oxford: OUP.
- [53] Stuart, C. 2003. The object of performance: aural performativity in contemporary laptop music. *Contemporary Music Review* 22 (4) : 59–65.

- [54] The McGill Digital Orchestra (CAN),  
<http://www.music.mcgill.ca/musictech/DigitalOrchestra/index.php>
- [55] The SLOrk Speaker, <https://ccrma.stanford.edu/~njb/research/slorkSpeaker/>
- [56] Trueman, D., Why a laptop orchestra?, *Organised Sound* 12 (2) : 171–179 \_ 2007 Cambridge University Press.  
<http://robertoigarza.files.wordpress.com/2009/04/art-why-a-laptop-orchestra-trueman-2008.pdf>
- [57] Trueman, D., and Cook, P. 2000. BoSSA: the deconstructed violin reconstructed. *Journal of New Music Research* 29 (2).
- [58] Trueman, D., Cook, P., Smallwood, S., and Wang, G., *PLOrk: The Princeton Laptop Orchestra, Year 1*
- [59] Trueman, D., Bahn, C., and Cook, P. 2000. Alternative voices for electronic sound. In *Proc. of the 2000 Int. Computer Music Conf.* Berlin/San Francisco: ICMA.
- [60] Wang, G., Trueman, D., Smallwood, S., and Cook, P. 2007. *The laptop orchestra as classroom* (in press).
- [61] Weinberg, G. 2002. Playpens, Fireflies, and Squeezables: new musical instruments for bridging the thoughtful and the joyful. *Leonardo Music Journal* 12: 43–51.
- [62] Weinberg, G. 2005a. Interconnected musical networks: toward a theoretical framework. *Computer Music Journal* 29 (2): 23–39.
- [63] Weinberg, G. 2005b. Local performance networks: musical interdependency through gestures and controllers. *Organised Sound* 10 (3) : 255–66.
- [64] 曾毓忠，電子原音音樂聲音形變與應用探討。2004 國巨科技藝術國際學術研討會論文集
- [65] 曾毓忠，電子與電腦音樂作品中聲音科技之角色與功能探討，*關渡學報*第四期 06/2006 號 P.75-P.91
- [66] 曾毓忠，電子電腦音樂的分類與釋義，2003 中華民國電腦音樂協會期刊
- [67] 曾毓忠，藍調音樂MAX Patch，2010
- [68] 曾毓忠，打擊樂MAX Patch，2010
- [69] 曾毓忠，慢歌MAX Patch，2010
- [70] 曾毓忠，鋼琴炫技MAX Patch，2009
- [71] 曾毓忠，蕭邦圓舞曲MAX Patch，2008
- [72] 曾毓忠，貝多芬命運交響曲MAX Patch，2008
- [73] 陳必揚，*古典音樂新鮮人手冊*，集揚出版社，<http://giants.myweb.hinet.net/julie/212.html>
- [74] 柯舒方、吳明瑾、林志翰，*Bird and Earth*，2010
- [75] 陳建一、黃聖翔、許書豪，*東絃西鼓*，2010
- [76] 粘為博、顏志豪，*Mario Good*，2010
- [77] 陳建一，*Hymns*，2010
- [78] 奇異恩典，John Newton，讚美337，以琳書房，1779
- [79] 快樂歌，Beethoven，讚美17，以琳書房，1826
- [80] 廷廷的鋼琴窩，<http://www.tintinpiano.com/>